

**Zur Frage der Beanspruchung von
Lokomotivführern während Schnellfahrten
bei der Deutschen Bundesbahn**

von
Josef Peter Nikolay
aus
Konz



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Arbeits- und Sozial-Medizin
und der Poliklinik für Berufskrankheiten
der Universität Erlangen - Nürnberg
(Direktor: Professor Dr. med. H.Valentin)

Zur Frage der Beanspruchung von Lokomotivführern während Schnellfahrten bei der Deutschen Bundesbahn⁺)

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
dem Fachbereich Medizin
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt
von
Josef Peter Nikolay
aus
Konz

(+ Gefördert durch die Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Unfallforschung, Dortmund

Gedruckt mit Erlaubnis des Fachbereichs Medizin
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. med. E. Rügheimer
Referent: Prof. Dr. med. G. Schäcke
Koreferent: Prof. Dr. med. H. Valentin
Tag der mündlichen Prüfung: 16.6.1977

Herrn Prof. Dr. med. H. Valentin danke ich
für die Möglichkeit, daß die Arbeit in seinem
Institut angefertigt werden konnte und die
stets zuteil gewordene Förderung.

Herrn Prof. Dr. med. G. Schäcke danke ich
für die Überlassung des Themas sowie die
Unterstützung bei der Abfassung der Arbeit.

Herrn Dipl.-Phys. D. Weltle danke ich
für die Hilfe bei der Aufnahme und
Auswertung der Meßwerte.

Für die technische Hilfe gebührt der Dank
Herrn Dipl.-Ing. M. Lang vom Bundesbahn-
Zentralamt Minden.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1.0	Einleitung
2.0	Untersuchungsgut und Methodik
2.1	Kollektivbeschreibung
2.2	Apparativer Aufbau
2.3	Versuchsdurchführung
2.4.1	Auswertung und statistische Bearbeitung der Herzschlagfrequenz
2.4.2	Auswertung des Blutdrucks
2.4.3	Auswertung der biochemischen Parameter
2.4.4	Auswertung der Skala des Belastungserlebnisses und des Befindens
3.0	Ergebnisse
3.1	Herzschlagfrequenz
3.1.1	Das Verhalten der Herzschlagfrequenz des Kollektivs für die Dauer der gesamten Untersuchungstage
3.1.2	Häufigkeitsverteilung der Herzschlagfrequenz des Kollektivs für die Dauer der gesamten Untersuchungstage
3.1.3	Das Verhalten der Herzschlagfrequenz des Kollektivs für die Dauer der Schnellfahrten
3.2	Blutdruck
3.3	Biochemische Parameter
3.4	Belastungserlebnis
4.0	Diskussion
4.1	Herzschlagfrequenz
4.2	Blutdruck
4.3	Biochemische Parameter
4.4	Subjektives Befinden
5.0	Zusammenfassung
6.0	Literaturverzeichnis

1.0 Einleitung

Die Arbeitsplätze mit Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten haben in den modernen Industriestaaten erheblich zugenommen und damit einen Schwerpunkt der Belastung am Arbeitsplatz in den psychomentalen Bereich verlagert (1).

Weiterhin verlangt die zunehmende Automation bei weniger körperlicher Leistung mehr Aufmerksamkeit und Kontrolltätigkeit. Fahrten mit hohen Geschwindigkeiten sind mit einem großen Transinformationsfluß verbunden. Von den Fahrzeugführern sind Ereignisse und Signale zu erfassen, zu verarbeiten und mit Hilfe von Bedienelementen in Steuertätigkeit umzusetzen.

Schon im Jahre 1903 erreichte man auf der Versuchsstrecke Marienfelde - Zossen bei Berlin mit Versuchstriebwagen Geschwindigkeiten von 210 km/h. Die Französischen Staatsbahnen (SNCF) kamen 1955 auf der Strecke Bordeaux - Dax kurzfristig auf Geschwindigkeiten von 331 km/h und sie fahren heute auf der Strecke Les Aubrais - Viezon fahrplanmäßig Höchstgeschwindigkeiten von 200 km/h. Auf der Tokaido-Linie der Japanischen Staatsbahnen (JNR) sind heute täglich 30 Reisezugpaare mit 210 km/h im Einsatz. England, Schweiz, Italien, USA, Kanada, Polen, Jugoslawien und die Sowjetunion arbeiten heute am Schienenschnellverkehr mit Geschwindigkeiten über 200 km/h (3).

In der vorliegenden Studie soll untersucht werden, ob Lokomotivführer im Schnellverkehr mit Geschwindigkeiten bis zu 250 km/h besonderen Belastungen ausgesetzt sind.

2.0 Untersuchungsgut und Methodik

2.1 Kollektivbeschreibung

Untersucht wurden 10 Lokomotivführer der Deutschen Bundesbahn, die in den vergangenen Jahren ausschließlich als Fahrzeugführer auf Versuchsstrecken tätig gewesen sind. Biometrische Daten, berufliche Angaben sowie Rauch- und Trinkgewohnheiten sind in der Tabelle I enthalten.

Tabelle I

Mittelwerte ($\bar{x}$) mit Standardabweichung (s) biometrischer und beruflicher Daten sowie Rauch- und Trinkgewohnheiten

n=10	$\bar{x}$	$\pm$	s
Alter (Jahre)	42		8
Länge (cm)	175		5
Gewicht (kg)	81		5
Bei der DB beschäftigt (Jahre)	24		5
Als Lokführer tätig (Jahre)	14		7
Lokführer auf Versuchsstrecken (Jahre)	6		7
Me3strecke Gütersloh - Neubeckum bereits befahren (Anzahl)	101		67
Zigaretten täglich (Anzahl)	5		8
Bier täglich (Liter)	1		1
Kaffee täglich (Tassen)	3		2

Die Probanden waren zwischen 32 und 53 Jahre alt. Das durchschnittliche Körpergewicht von 81 kg überschritt bei einer mittleren Körperlänge von 175 cm das Sollgewicht im Mittel um 6 kg. Drei Probanden hatten ein Übergewicht von mehr als 9 kg.

Sportliche Betätigung wurde von drei Personen angegeben (Fußball, Schwimmen, Hallenturnen).

In der Sozialanamnese wurden folgende Angaben gemacht. Nach dem Volksschulabschluß erlernten vier der zehn Fahrzeugführer den Beruf des Maschinenschlossers, zwei den Beruf des Lokomotivschlossers, und je einer die Berufe Betriebsschlosser, Kraftfahrzeugmechaniker, Werkzeugmechaniker und Dreher.

Die Beschäftigungszeit bei der Deutschen Bundesbahn lag zwischen 10 und 31 Jahren. Die Zeit, in der die Versuchspersonen ununterbrochen als Lokführer tätig gewesen sind, betrug zwischen 5 und 23 Jahren. Die Zeit als Lokführer auf Versuchsstrecken lag zwischen 1 und 20 Jahren. Die Versuchsstrecke Gütersloh - Neu-beckum wurde von fünf Probanden über 160mal, von vier Fahrzeugführern weniger als 100mal und von einem Lokführer noch nie befahren.

Die Krankheitsvorgeschichte erbrachte bei vier Probanden "nervöses Magenleiden", bei je einem Probanden Duodenalulcus (1958), paroxysmale Tachykardie (1968) und Hypotonie mit Schwindelerscheinungen (1964).

Sieben Personen waren Nichtraucher, neun tranken nur gelegentlich Alkohol.

Der klinische Allgemeinbefund war bei den zehn Probanden unauffällig.

In Tabelle II sind der linksseitig im Sitzen gemessene Blutdruck sowie die Pulsfrequenz zum Zeitpunkt der Allgemeinuntersuchung dargestellt.

Die Befunde im Ruhe-Elektrokardiogramm sind aus Tabelle III zu entnehmen.

Tabelle II

Systolische und diastolische Blutdruckwerte in mm Hg linksseitig gemessen im Sitzen und Ruhe-Pulsfrequenz in Schlägen/min.

Proband	Blutdruck (mm Hg)		Pulsfrequenz (Schl./min)
	syst./diast.		
1	150	80	76
2	120	80	64
3	120	75	63
4	135	75	76
5	135	80	60
6	120	80	72
7	120	70	64
8	125	85	52
9	115	75	84
10	115	75	84

Tabelle III

Die Befunde im Ruhe-Elektrokardiogramm. Ableitungen nach Einthoven, Goldberger und Wilson.

Proband	Alter (Jahre)	Lagetyp	Rhythmus	Frequenz (Schl./min)	Besonder- heiten
1	53	überdrehter Linkstyp	Sinus- rhythmus	92	Verdacht auf Linkshyper- trophie
2	47	Indiffe- renztyp	Sinus- rhythmus	57	angedeuteter Rechtsschen- kelblock
3	34	Steiltyp	Sinus- rhythmus	63	
4	40	Indiffe- renztyp	Sinus- rhythmus	76	
5	46	Linkstyp	Sinus- rhythmus	49	
6	45	Linkstyp	Sinus- rhythmus	51	
7	51	Indiffe- renztyp	Sinus- rhythmus	61	
8	35	Steiltyp	Sinus- rhythmus	56	
9	36	Steiltyp	Sinus- rhythmus	67	
10	32	Linkstyp	Sinus- rhythmus	78	

2.2 Apparativer Aufbau

Zur Datenerfassung wurden folgende Geräte eingesetzt:

4-Kanal-Radiotelemetrieanlage (Fa. Hellige & Co.GmbH, Freiburg i. Brsg.) in Verbindung mit einem 4-Spur-Magnetbandspeicher MEDITAPE AR (Fa. Siemens AG, Erlangen). Die Herzschlagfrequenz wurde bei einer Zeitkonstante von $\tau = 14$ sec mit Hilfe eines Linienschreibers aufgezeichnet (MULTIPEN-Recorder, Fa. Hellige & Co. GmbH, Freiburg i. Brsg.). Weitere methodische Einzelheiten sind anderen Veröffentlichungen zu entnehmen (23,22).

Ein zweiter 4-Spur-Magnetbandspeicher MEDITAPE AR^{*)} wurde zur Aufnahme des Elektrokardiogramms des zweiten Probanden verwandt.

^{*)} Der Bandspeicher wurde uns freundlicherweise von der Fa. Siemens AG, Bereich Medizinische Technik, Erlangen zur Verfügung gestellt.

Die Kontrolle der EKG-Aufzeichnungen haben wir mit dem Registrierer CARDIOSTAT 3 T (Fa. Siemens AG) durchgeführt.

Es wurden aufklebbare, napfförmige Silber-Silberchlorid-elektroden verwendet. Die Elektrodenlokalisation erfolgte angenähert dem kleinen Herzdreieck nach Nehb (22,20).

Blutdruckmessung nach Riva-Rocci mit Erkameter (461455).

2.3 Versuchsdurchführung

Der Versuch dauerte 10 Tage. Jeder Lokomotivführer wurde an zwei Tagen untersucht, an einem Tag als Fahrer, am folgenden Tag als Beifahrer. Die Elektroden wurden vor Fahrtbeginn gegen 7.30 Uhr angenähert dem kleinen Herzdreieck nach Nehb angebracht und blieben bis zum Ende des Untersuchungstages unverändert. Das EKG-Signal wurde über eine Kabelverbindung vom Führerstand der Lokomotive in das Me3abteil im 2. Me3wagen übertragen und dort auf den beiden 4-Kanal-Bandspeichergeräten aufgezeichnet. Der Protokollführer befand sich im Führerhaus, um die Tätigkeiten der beiden Probanden und die Ereignisse mit genauer Zeitangabe aufzuzeichnen sowie Zeitmarken in das Me3abteil zu übermitteln. Damit wurden Zeitdifferenzen zwischen der elektronischen Uhr der Magnetbandanlage und der Protokollzeit korrigiert und so die genaue Zuordnung von Ereignis und Herzschlagfrequenz gewährleistet.

Die Lokomotivführer blieben bis auf eine halbstündige Mittagspause im Führerhaus und ermöglichten die elektrokardiographische Überwachung auch während der Überführungsfahrten und in den Fahrpausen.

Der Me3zug fuhr täglich 4mal von Brackwede nach Ahlen/Westf. Die Schnellfahrten, durchgeführt mit Geschwindigkeiten zwischen 210 und 250 km/h, begannen nach der Durchfahrt durch den Bahnhof Gütersloh (km 12,9) und endeten jeweils mit einer Schnellbremsung bei Kilometer 151,1. Die Überführungsfahrt Brackwede - Gütersloh und die Überführungsfahrt nach der Schnellbremsung weiter nach Ahlen wurden mit einer Geschwindigkeit von 120 - 140 km/h durchgeführt. Der Me3zug wurde jeweils mit einer gesonderten Lokomotive nach Brackwede zurückgefahren.

Der Blutdruck wurde vor dem Aufstehen der Probanden gegen 6.15 Uhr, vor Beginn der Überführungsfahrt nach

Gütersloh und nach erfolgter Schnellbremsung im Anschluß an die Schnellfahrten gemessen.

Zur subjektiven Empfindungsaussage wurde nach jeder Blutdruckmessung von Fahrer und Beifahrer ein Fragebogen ausgefüllt.

Für die Bestimmung der biochemischen Parameter Gesamt-Katecholamine, zyklische Adenosinmonophosphat und Katechol-O-Methyltransferase wurde der Urin gesammelt und Blutproben entnommen. Der Morgenurin wurde verworfen. Der Urin vor dem Fahrtbeginn von Hamm nach Brackwede und nach erfolgter 3. Schnellfahrt wurde getrennt gesammelt. Die Venenblutentnahme erfolgte vor dem Aufstehen, vor dem Fahrtbeginn von Hamm nach Brackwede und nach Ende der 3. Schnellfahrt.

Der Untersuchungstag wurde in 17 Zeitabschnitte unterteilt:

1. Abschnitt: Zeit bis 15 Min. vor 1. Schnellfahrt
2. Abschnitt: 15 Min. vor 1. Schnellfahrt
3. Abschnitt: 1. Schnellfahrt
4. Abschnitt: 15 Min. nach 1. Schnellfahrt
5. Abschnitt: Zeit bis 15 Min. vor 2. Schnellfahrt
6. Abschnitt: 15 Min. vor 2. Schnellfahrt
7. Abschnitt: 2. Schnellfahrt
8. Abschnitt: 15 Min. nach 2. Schnellfahrt
9. Abschnitt: Zeit bis 15 Min. vor 3. Schnellfahrt
10. Abschnitt: 15 Min. vor 3. Schnellfahrt
11. Abschnitt: 3. Schnellfahrt
12. Abschnitt: 15 Min. nach 3. Schnellfahrt
13. Abschnitt: Zeit bis 15 Min. vor 4. Schnellfahrt
14. Abschnitt: 15 Min. vor 4. Schnellfahrt
15. Abschnitt: 4. Schnellfahrt
16. Abschnitt: 15 Min. nach 4. Schnellfahrt
17. Abschnitt: Zeit nach 15 Min. nach 4. Schnellfahrt

Vor der 1. Schnellfahrt stand der Meßzug in Brackwede und wurde zur Schnellfahrt vorbereitet. Die Fahrzeugführer warteten an ihrem Führerstand auf die fahrplanmäßige Abfahrt. In den 15 Minuten vor der Schnellfahrt fanden Vorbereitungsarbeiten in Brackwede und die Überführungsfahrt nach Gütersloh statt. Während den 15minütigen Meßzeiten nach den Schnellfahrten fuhr der Zug weiter nach Ahlen. In den Zeiten zwischen den Schnellfahrten wurde der Meßzug zurück nach Brackwede überführt und für die nächste Schnellfahrt vorbereitet.

Die Fahrzeit des Meßzuges von der Durchfahrt durch den Bahnhof Gütersloh (km 126,9) bis zum Stillstand nach er-

folgter Schnellbremsung (km 151,1) auf freier Strecke betrug im Mittel 8 Minuten und 6 Sekunden. Diese Teststrecke (4) wurde in 7 Abschnitte unterteilt (Abb. 1).

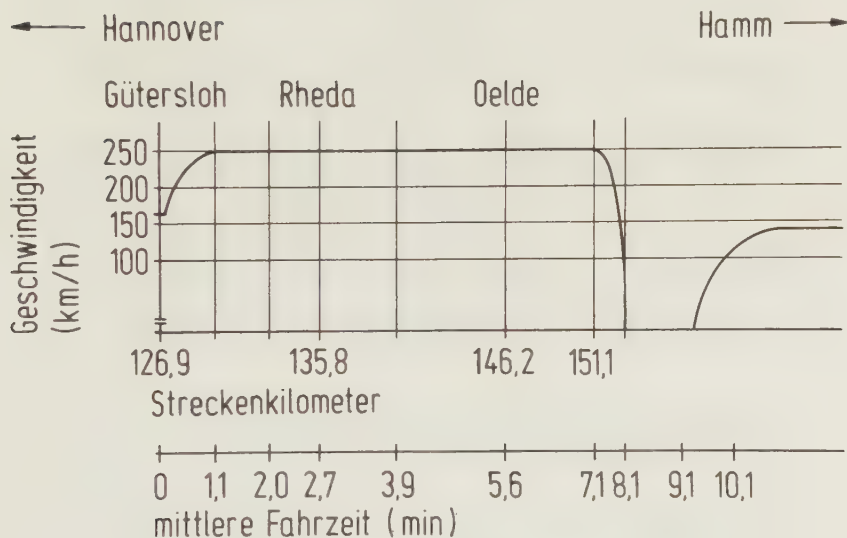


Abbildung 1

Strecke Gütersloh - Neubeckum mit Markierung der gewählten Streckenpunkte und eingetragener mittlerer Fahrzeit.

1. Abschnitt: Durchfahrt durch den Bahnhof Gütersloh (km 126,9) bis km 130,0 auf freier Strecke. Auf diesem Streckenabschnitt wurde der Meßzug von Geschwindigkeiten zwischen 120 und 160 km/h auf seine einzuhaltende Maximalgeschwindigkeit zwischen 210 und 250 km/h beschleunigt.

2. Abschnitt: Von km 130,0 bis km 133,0 . Eine Strecke mit geradem Gleis, ohne Kurven und Weichen.

3. Abschnitt: Von km 133,0 bis Bahnhof Rheda (km 135,8). Hier durchfuhr der Zug eine Rechtskurve, die den Fahrzeugführern nur eine kurze Streckeneinsicht erlaubte.

4. Abschnitt: Durchfahrt durch Bahnhof Rheda bis km 140,0 . Unmittelbar vor und hinter dem Bahnhof befinden sich Weichen, die mit dieser hohen Geschwindigkeit überfahren wurden. Für die Zeit der Durchfahrt waren die Bahnsteige für Personen gesperrt.

5. Abschnitt: Von km 140,0 bis Bahnhof Oelde.(km 146,2). Wie der 2. Streckenabschnitt ein gerades Gleis.

6. Abschnitt: Von Bahnhof Oelde bis km 151,1 . Bei diesem Streckenpunkt, der nur durch den üblichen Kilometerstein seitlich der Schienenführung gekennzeichnet war, wurde die Schnellbremsung eingeleitet.

7. Abschnitt: Vom Zeitpunkt der Schnellbremsung bis zum Anhalten auf freier Strecke. Nach ca. 1 Minute erfolgte dann die Überführungsfahrt nach Neubeckum.

Die mittlere Fahrzeit für die gewählten Streckenabschnitte betrug 68 Sekunden.

2.4.1 Auswertung und statistische Bearbeitung der Herzschlagfrequenz

Die Auswertung der Herzschlagfrequenz (HSF) erfolgte mit folgenden Geräten:

4-Spur-Magnetbandspeicher (MEDITAPE AR)
Herz-Rhythmus-Analysator von Vary und Stiny (30,27)
Tischrechner 9821A von Hewlett-Packard
Automatisches Zeichengerät (Plotter) 9862A von Hewlett-Packard.

Aus dem aufgezeichneten Elektrokardiogramm wurde mit Hilfe des Herz-Rhythmus-Analysators die Häufigkeitsverteilung der 1-Minuten-Mittelwerte der HSF über die gesamte Dauer der Untersuchungstage ermittelt. Die Auswertung der HSF erfolgte mit 32facher Geschwindigkeit.

Für die 17 Zeitabschnitte des gesamten Untersuchungstages wurde die prozentuale Häufigkeit der 1-Minuten-Mittelwerte der HSF der Lokomotivführer in ihrer

Eigenschaft als Fahrer und als Beifahrer getrennt auf Norm-Lochkarten übertragen.

Die Verarbeitung dieser Daten erfolgte an der Rechanlage CD 3300 des Rechenzentrums der Universität Erlangen-Nürnberg.

Für die jeweiligen Zeitabschnitte und getrennt in ihrer Eigenschaft als Fahrer und als Beifahrer wurde die Häufigkeitsverteilung der 1-Minuten-Mittelwerte erstellt und Mittelwert sowie Standardabweichung errechnet.

In einer zweiten Untersuchung haben wir die HSF für die Dauer der Schnellfahrten mit einer Wiedergabegeschwindigkeit von 1:1 ermittelt.

Mit dem Herz-Rhythmus-Analysator wurden die RR-Zeiten gemessen und unmittelbar an den Tischrechner übergeben. Der Rechner ermittelte für die Dauer eines vorgegebenen Zeitabschnittes die äquivalenten Herzschlagfrequenz-Werte und zeichnete mit Hilfe des Plotters ein Verlaufsdiagramm mit Markierung der festgesetzten Streckenpunkte.

Für die jeweiligen Streckenabschnitte haben wir Mittelwerte der Herzschlagfrequenz gebildet und außerdem zwei 1-Minuten-Mittelwerte nach dem Halt auf freier Strecke ermittelt.

Die gemittelte HSF wurde für die einzelnen Schnellfahrten am Tage und für die Lokomotivführer in ihrer Eigenschaft als Fahrer und als Beifahrer getrennt summiert und der Gesamt-Mittelwert sowie die Standardabweichung errechnet.

Wir haben Stichproben durch Auszählen der QRS-Komplexe am Oszilloskop durchgeführt und mit den vom Herz-Rhythmus-Analysator gezählten Werten verglichen. Außerdem wurde jede Verteilungskurve durch ein oszillographisches Bild sichtbar gemacht und durch den Plotter aufgezeichnet. Dadurch ließen sich Fehlmessungen, verursacht durch ein gestörtes EKG-Signal, für die weitere Berechnung verwerfen.

2.4.2 Auswertung des Blutdrucks

Aus den jeweils gemessenen systolischen und diastolischen Blutdruckwerten haben wir die arithmetischen

Mittelwerte und die Standardabweichungen der 10 Lokomotivführer getrennt in ihrer Eigenschaft als Fahrer und als Beifahrer nach Beendigung der Nachtruhe sowie vor und nach den Testschnellfahrten berechnet.

2.4.3 Auswertung der biochemischen Parameter

Da es bei stärkeren physischen und psychomentalen Belastungen zu einer vermehrten Ausschüttung von Katecholaminen kommt, ist man dazu übergegangen, die Ausscheidungsrate der Katecholamine im Harn zu bestimmen (16).

Der Einblick in die aktuelle Belastungsreaktion erfordert jedoch kurzfristige Untersuchungen. Die hierzu notwendige Gewinnung von einzelnen, insbesondere kurzen Arbeitsabschnitten zuzuordnenden Harnproben ist aus physiologischen Gründen in der Regel nicht realisierbar.

Technisch ist dies bei der Blutentnahme möglich. Eine direkte Analyse der Serum-Katecholamine stößt gegenwärtig aufgrund der Instabilität dieser Substanzen und der äußerst geringen Serumkonzentrationen noch auf methodische Schwierigkeiten.

Wir haben uns deshalb der Bestimmung von Substanzen zugewandt, die mit dem Metabolismus bzw. der Wirkung der Katecholamine eng zusammenhängen (21). Zu nennen sind hier das zyklische Adenosinmonophosphat (cAMP) und die Katechol-O-Methyltransferase (COMT).

2.4.4 Auswertung der Skala des Belastungserlebnisses und des Befindens

Die Formulierungen der zu beurteilenden Aussagen orientieren sich an den praktisch seit der Kindheit geübten Sprachgewohnheiten. Auf diese Weise läßt sich verhindern, daß der Schwerpunkt ihrer Bedeutungen bei allen Versuchspersonen stark variiert. Derartige Aussagen sind z.B.: "Ich bin jetzt aufgeregt" oder "Ich bin jetzt seelisch ausgeglichen".

Um die Erlebnisbeschreibungen der Lokomotivfahrer und -beifahrer während des Arbeitstages möglichst vergleichbar zu machen, wurden die Fahrzeugführer

von uns um Stellungnahme zu den immer gleichbleibenden Aussagen gebeten (21). Um die Beschreibungen des eigenen psychischen Zustandes zu differenzieren, wurden gradmäßige Abstufungen vorgenommen, z.B.: "Ich bin jetzt auf alles gefaßt - ja, stimmt genau - stimmt ziemlich - mittel - stimmt kaum - nein, stimmt nicht".

Diese Selbstbeurteilungs-Skala umfaßte nach einer Vorauswahl 20 Aussagen mit je 5 Abstufungsmöglichkeiten (Anhang).

In einer ersten Analyse der Befunde wurden 0 - 4 Punkte für jede der 20 Aussagen vergeben. Je unangenehmer das eigene Befinden eingestuft wurde, desto höher stieg die Punktzahl. Die Gesamtpunktzahl wurde schließlich aus der Summe der Einzelpunkte gebildet. Sie kann zwischen 0 und 4mal 20 = 80 Punkten schwanken.

3.0 Ergebnisse

3.1 Herzschlagfrequenz

3.1.1 Das Verhalten der Herzschlagfrequenz des Kollektivs für die Dauer der gesamten Untersuchungstage

Die HSF-Werte der Lokomotivführer in ihrer Eigenschaft als Fahrer liegen insgesamt geringfügig über den Werten der Fahrzeugführer in ihrer Eigenschaft als Beifahrer (Abb. 2, Tab. IV).

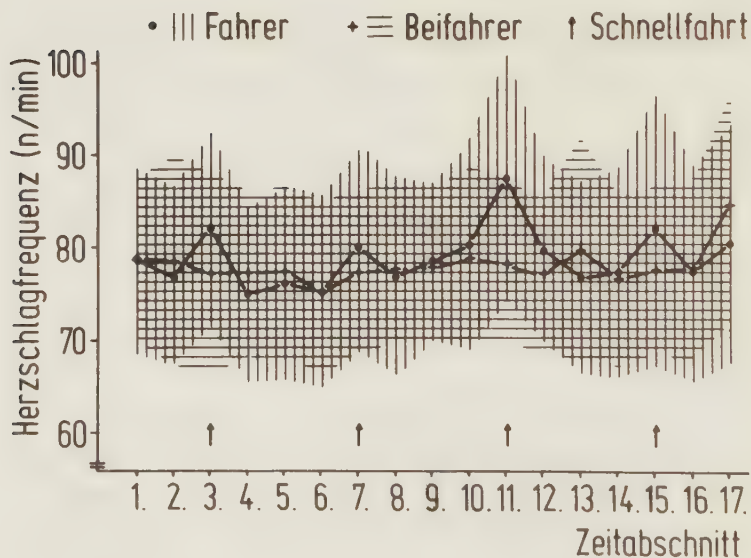


Abbildung 2

Mittelwert ($\bar{x}$) und Standardabweichung (s) der HSF von 10 Lokomotivführern getrennt in ihrer Eigenschaft als Fahrer und als Beifahrer für die Dauer der gesamten Untersuchungstage.

Tabelle IV

Mittelwert ($\bar{x}$) und Standardabweichung (s) der HSF des Kollektivs für die Dauer der gesamten Untersuchungstage getrennt in ihre Eigenschaft als Fahrer und als Beifahrer.

Zeitabschnitte	Fahrer		Beifahrer	
	HSF (Schl./min)		HSF	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
Zeit bis 15 Min. vor 1. SF ⁺⁾	79	10	79	8
15 Min. vor 1. SF	77	10	79	11
1. SF	82	10	77	11
15 Min. nach 1. SF	75	10	77	9
Zeit bis 15 Min. vor 2. SF	76	10	78	9
15 Min. vor 2. SF	76	10	76	10
2. SF	80	11	77	9
15 Min. nach 2. SF	77	11	78	10
Zeit bis 15 Min. vor 3. SF	79	8	78	8
15 Min. vor 3. SF	80	11	79	9
3. SF	88	13	78	9
15 Min. nach 3. SF	80	10	77	8
Zeit bis 15 Min. vor 4. SF	77	10	80	12
15 Min. vor 4. SF	78	12	77	9
4. SF	82	15	78	10
15 Min. nach 4. SF	78	12	78	10
Zeit nach 15 Min. nach 4. SF	81	13	85	12
⁺⁾ Schnellfahrt				

Der HSF-Mittelwert der Fahrer sinkt vor der 1. Schnellfahrt von 79 Schl./min auf 77 Schl./min ab und steigt während der 1. Schnellfahrt auf 82 Schl./min an. Nach der 1. Schnellfahrt weist die Frequenz den niedrigsten Wert von 75 Schl./min auf und nimmt in der Zeit zwischen 1. und 2. Schnellfahrt um 1 Schl./min zu. Während der 2. Schnell-

fahrt steigt der Mittelwert bei den Fahrern von 76 Schl./min auf 80 Schl./min an. 15 Minuten nach der 2. Schnellfahrt sinkt der Wert auf 77 Schl./min ab. In der Zeit zwischen 2. und 3. Schnellfahrt beträgt der Mittelwert 79 Schl./min und in dem Zeitabschnitt 15 Minuten vor der 3. Schnellfahrt steigt die Frequenz auf 80 Schl./min an. Während der 3. Schnellfahrt wird der höchste Frequenz-Mittelwert von 88 Schl./min erreicht. Nach der 3. Schnellfahrt fällt die Frequenz auf 80 Schl./min und sinkt im folgenden Zeitabschnitt um 3 Schl./min auf 77 Schl./min ab. 15 Minuten vor der 4. Schnellfahrt beträgt der Frequenz-Mittelwert 78 Schl./min und steigt während der 4. Schnellfahrt auf 82 Schl./min an. Im Zeitabschnitt 15 Minuten nach der 4. Schnellfahrt beträgt der Mittelwert 78 Schl./min und steigt gegen Ende des Untersuchungstages auf 81 Schl./min an.

Der HSF-Verlauf der Fahrer zeigt in den Zeitabschnitten während der 4 Schnellfahrten eine deutliche Zunahme des HSF-Mittelwertes, während der Frequenzverlauf der Beifahrer während der Schnellfahrten keine wesentliche Änderung des Mittelwertes aufweist.

Der HSF-Mittelwert der Beifahrer beträgt vor der 1. Schnellfahrt 79 Schl./min, 15 Minuten vor der 1. Schnellfahrt 79 Schl./min und fällt während der 1. Schnellfahrt auf 77 Schl./min ab. Nach der 1. Schnellfahrt bleibt der Frequenzverlauf während der zwei folgenden Zeitabschnitte unverändert. In dem Zeitabschnitt 15 Minuten vor der 2. Schnellfahrt fällt der Mittelwert auf 76 Schl./min ab und steigt während der 2. Schnellfahrt auf 77 Schl./min an. Nach der 2. Schnellfahrt steigt der HSF-Mittelwert zunächst auf 78 Schl./min und erreicht vor der 3. Schnellfahrt den Wert von 79 Schl./min. Während der 3. Schnellfahrt sinkt der

Mittelwert auf 78 Schl./min und fällt im folgenden Zeitabschnitt auf 77 Schl./min ab. In der Zeit zwischen 3. und 4. Schnellfahrt steigt der Mittelwert auf 80 Schl./min an. Vor der 4. Schnellfahrt verringert sich der HSF-Mittelwert um 3 Schl./min auf 77 Schl./min und steigt während der 4. Schnellfahrt auf 78 Schl./min an. Am Ende des Untersuchungstages erhöht sich die Frequenz auf 85 Schl./min.

3.1.2 Häufigkeitsverteilung der Herzschlagfrequenz des Kollektivs für die Dauer der gesamten Untersuchungstage

Die prozentuale Häufigkeit der 1-Minuten-Mittelwerte der HSF zeigt bei den Fahrzeugführern in ihrer Eigenschaft als Fahrer höhere Frequenzanteile während der Schnellfahrten als während der Wartezeiten und Überführungsfahrten. Die Lokomotivführer in ihrer Eigenschaft als Beifahrer zeigen während der Schnellfahrten keine wesentliche Änderung der HSF-Anteile (Tab. V).

Vor der 1. Schnellfahrt liegen bei den Lokomotivführern in ihrer Eigenschaft als Fahrer 43,2 % der 1-Minuten-Mittelwerte über 80 Schl./min und 14,8 % der Werte über 90 Schl./min, bei den Lokomotivführern in ihrer Eigenschaft als Beifahrer 45 % der Werte über 80 Schl./min und 9,7 % der Werte über 90 Schl./min. 15 Minuten vor der 1. Schnellfahrt sinkt die prozentuale Häufigkeit auf 41,9 % bzw. 7,4 % bei den Fahrern und auf 44,1 % bzw. 19,3 % bei den Beifahrern. Während der 1. Schnellfahrt (Abb. 3) steigt der Frequenzanteil größer 80 Schl./min bei den Fahrern auf 60,4 %, größer 90 Schl./min auf 20,9 %. Bei den Beifahrern fällt der Anteil größer 80 Schl./min auf 36,3 %, größer 90 Schl./min auf 12,9 %. Nach der 1. Schnellfahrt

Tabelle V

Prozentuale Häufigkeit der 1-Min.-Mittelwerte der HSF für Werte größer als 80 Schl./min und größer als 90 Schl./min der Lokomotivführer in ihrer Eigenschaft als Fahrer und als Beifahrer für die Dauer der gesamten Untersuchungstage.

Zeitabschnitte	Fahrer		Beifahrer	
	>80	>90	>80	>90
	(Schl./min)	(Schl./min)	(Schl./min)	(Schl./min)
	(%)		(%)	
Zeit bis 15 Min. vor 1. SF ⁺⁾	43,2	14,8	45,0	9,7
15 Min. vor 1. SF	41,9	7,4	44,1	19,3
1. SF	60,4	20,4	36,3	12,9
15 Min. nach 1. SF	35,6	5,6	40,4	7,1
Zeit bis 15 Min. vor 2. SF	35,9	9,7	39,0	9,6
15 Min. vor 2. SF	32,3	9,6	33,1	7,5
2. SF	47,2	20,6	39,0	8,5
15 Min. nach 2. SF	36,7	11,0	37,2	8,7
Zeit bis 15 Min. vor 3. SF	44,7	8,2	42,9	6,5
15 Min. vor 3. SF	51,9	18,9	43,0	13,2
3. SF	68,5	36,8	38,8	9,5
15 Min. nach 3. SF	49,7	17,8	31,6	7,4
Zeit bis 15 Min. vor 4. SF	42,0	11,0	48,3	20,1
15 Min. vor 4. SF	45,2	15,8	37,8	8,6
4. SF	57,5	34,4	39,3	13,7
15 Min. nach 4. SF	46,0	13,7	40,3	12,4
Zeit nach 15 Min. nach 4. SF	59,8	25,4	63,9	41,8
⁺⁾ Schnellfahrt				

beträgt der Frequenzanteil 35,6 % bzw. 5,6 % bei den Fahrern und 40,4 % bzw. 7,1 % bei den Beifahrern. Zwischen 1. und 2. Schnellfahrt liegen die Werte bei den Fahrern bei 35,9 % bzw. 9,7 % und bei den Beifahrern bei 39 % und 9,6 %. Während der 2. Schnell-

fahrt (Abb. 4) steigt der Anteil größer 80 Schl./min bei den Fahrern von 32,3 % auf 47,2 %, größer 90 Schl./min von 9,6 % auf 20,6 %. Bei den Beifahrern steigt der Anteil von 33,1 % auf 39 % bzw. 7,5 % auf 8,5 %. Die relative Häufigkeit sinkt nach der 2. Schnellfahrt bei den Fahrern auf 36,7 % bzw. 11 % und bei den Beifahrern auf 37,2 % bzw. 8,7 %. Während des Zeitabschnittes zwischen 2. und 3. Schnellfahrt liegen bei den Fahrern 44,7 % über 80 Schl./min und 8,2 % über 90 Schl./min, bei den Beifahrern ergeben sich Werte von 42,9 % sowie 6,5 %. 15 Minuten vor der 3. Schnellfahrt steigen die Frequenzanteile bei den Fahrern auf 51,9 % bzw. 18,9 %, bei den Beifahrern auf 43 % bzw. 13,2 %. Während der 3. Schnellfahrt (Abb. 5) erreicht die HSF der Fahrer den höchsten Anteil von 68,5 % größer 80 Schl./min und von 36,8 % größer 90 Schl./min, die HSF der Beifahrer hingegen fällt auf 38,8 % bzw. 9,5 %. Nach der 3. Schnellfahrt sinken die höherfrequenten Anteile bei den Fahrern auf 49,7 % bzw. 17,8 % und bei den Beifahrern auf 31,6 % bzw. 7,4 %. Zwischen 3. und 4. Schnellfahrt liegen bei den Fahrern 42,0 % über 80 Schl./min und 11 % über 90 Schl./min, bei den Beifahrern 48,3 % über 80 Schl./min und 20,1 % über 90 Schl./min. Während der 4. Schnellfahrt (Abb. 6) steigt der Frequenzanteil der Fahrer von 45,2 % im vorausgegangenen Zeitabschnitt auf 57,5 % bzw. von 15,8 % auf 34,4 %, bei den Beifahrern von 37,8 % auf 39,3 % sowie von 8,6 % auf 13,7 %. Nach der 4. Schnellfahrt fällt die relative Häufigkeit bei den Fahrern auf 46 % größer 80 Schl./min sowie 13,7 % größer 90 Schl./min und bei den Beifahrern auf 40,3 % sowie 12,4 %. Am Ende des Untersuchungstages steigt der Frequenzanteil bei den Fahrern auf 59,8 % größer 80 Schl./min bzw. 25,4 % größer 90 Schl./min, bei den Beifahrern auf 63,9 % bzw. 41,8 %.

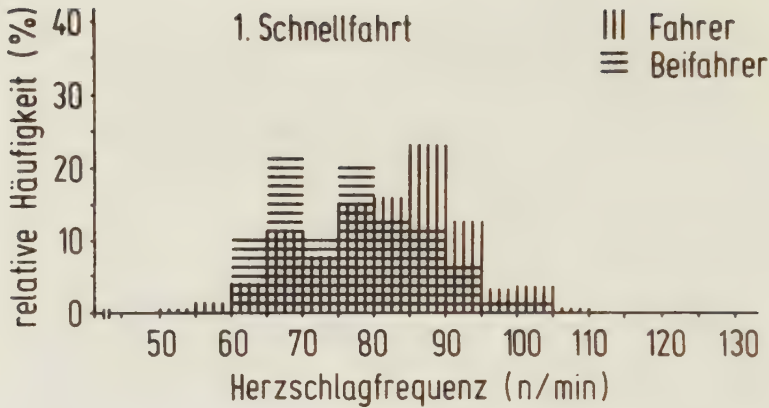


Abbildung 3

Häufigkeitsverteilung der HSF für die Lokomotivführer in ihrer Eigenschaft als Fahrer und als Beifahrer während der 1. Schnellfahrt.

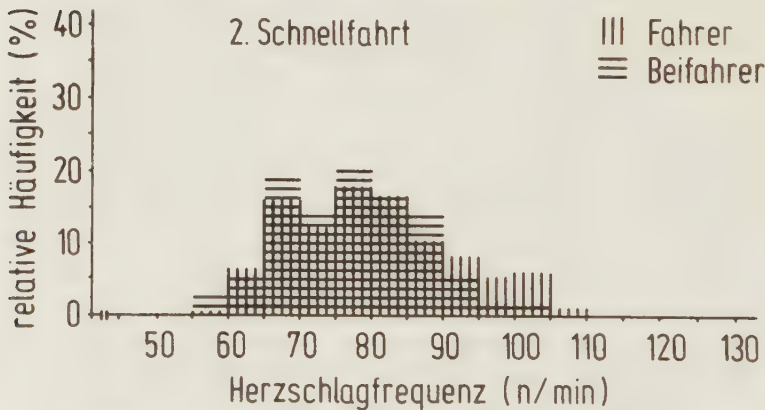


Abbildung 4

Häufigkeitsverteilung der HSF für die Lokomotivführer in ihrer Eigenschaft als Fahrer und als Beifahrer während der 2. Schnellfahrt.

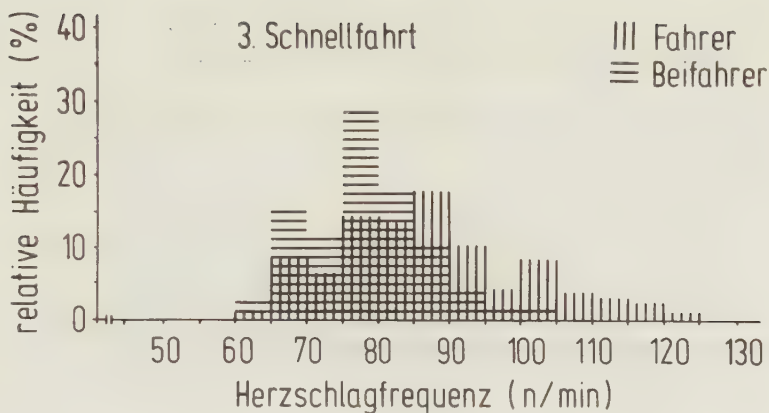


Abbildung 5

Häufigkeitsverteilung der HSF für die Lokomotivführer in ihrer Eigenschaft als Fahrer und als Beifahrer während der 3. Schnellfahrt.

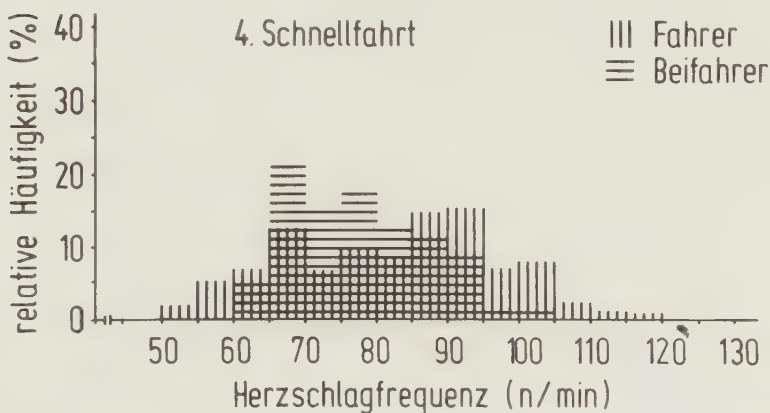


Abbildung 6

Häufigkeitsverteilung der HSF für die Lokomotivführer in ihrer Eigenschaft als Fahrer und als Beifahrer während der 4. Schnellfahrt.

3.1.3 Das Verhalten der Herzschlagfrequenz des Kollektivs für die Dauer der Schnellfahrten.

Die über die festgesetzten Zeitabschnitte gemittelte HSF der Lokomotivführer zeigt für jede Schnellfahrt des Untersuchungstages den gleichen Kurvenverlauf.

Der HSF-Mittelwert zu Beginn der 1. Schnellfahrt beträgt bei den Lokomotivführern in ihrer Eigenschaft als Fahrer 83 Schl./min, bei den Fahrzeugführern in ihrer Eigenschaft als Beifahrer 79 Schl./min (Abb. 7, Tab. VI und VII). Im folgenden Zeitabschnitt nimmt die Frequenz der Fahrer geringfügig auf 82 Schl./min ab, die der Beifahrer jedoch um 4 Schl./min auf 83 Schl./min zu. Während der Durchfahrt durch die Rechtskurve vor dem Bahnhof Rheda sinkt die Pulsfrequenz der Fahrer weiter auf 79 Schl./min ab, die der Beifahrer fällt auf 82 Schl./min. Die HSF der Fahrer bleibt nach der Durchfahrt durch den Bahnhof Rheda unverändert. Bei den Beifahrern sinkt die Frequenz auf 77 Schl./min. Während des folgenden Streckenabschnittes steigt die Pulsfrequenz der Fahrer und Beifahrer auf 80 Schl./min bzw. 78 Schl./min. Für den Streckenabschnitt nach der Durchfahrt durch den Bahnhof Oelde bis zur Schnellbremsung bei Kilometer 151,1 wurde ein Mittelwert von 84 Schl./min bei den Fahrern und von 79 Schl./min bei den Beifahrern ermittelt. Die folgenden 1-Minuten-Mittelwerte nach Einleitung der Schnellbremsung betragen bei den Fahrern 75, 75 sowie 76 Schl./min, bei den Beifahrern 76, 77 und 77 Schl./min.

Zu Beginn der 2. Schnellfahrt beträgt der HSF-Mittelwert der Fahrer 80 Schl./min und nimmt in den folgenden Zeitabschnitten nur geringfügig bis auf 78 Schl./min ab (Abb. 8, Tab. VI und VII). Erst im

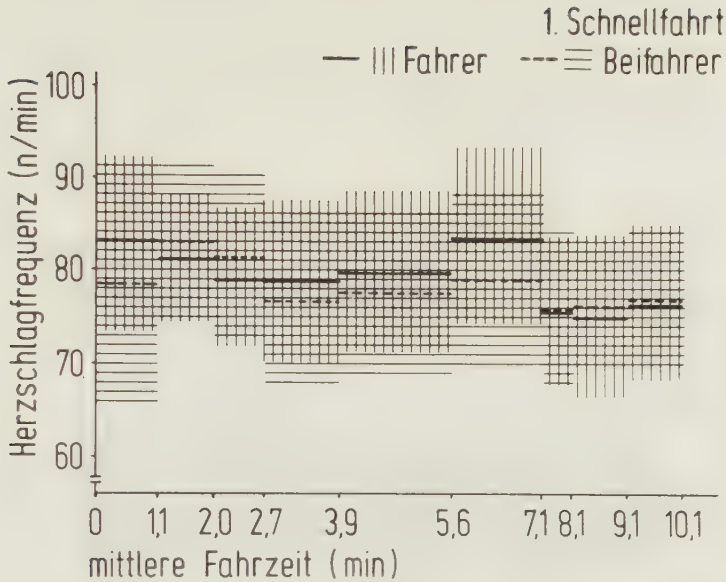


Abbildung 7

Mittelwert ($\bar{x}$) und Standardabweichung (s) der HSF von Lokomotivführern in ihrer Eigenschaft als Fahrer ($n = 8$) und als Beifahrer ($n = 5$) während der 1. Schnellfahrt.

Zeitabschnitt vor der Schnellbremsung steigt die Frequenz auf 82 Schl./min und fällt nach Einleitung der Schnellbremsung auf 76 Schl./min ab. Zwei Minuten später steigt die HSF auf 77 Schl./min an. Bei den Fahrzeugführern in ihrer Eigenschaft als Beifahrer wird zu Beginn der 2. Schnellfahrt ein Mittelwert von 79 Schl./min gemessen. Im folgenden Zeitabschnitt

fällt die Frequenz um 1 Schl./min und bleibt bis nach Einleitung der Bremsung bei 78 Schl./min. Während der Schnellbremsung sinkt die Frequenz erneut um 1 Schl./min auf 77 Schl./min. Im folgenden Zeitabschnitt steigt die HSF wieder auf 78 Schl./min und sinkt danach auf 76 Schl./min ab.

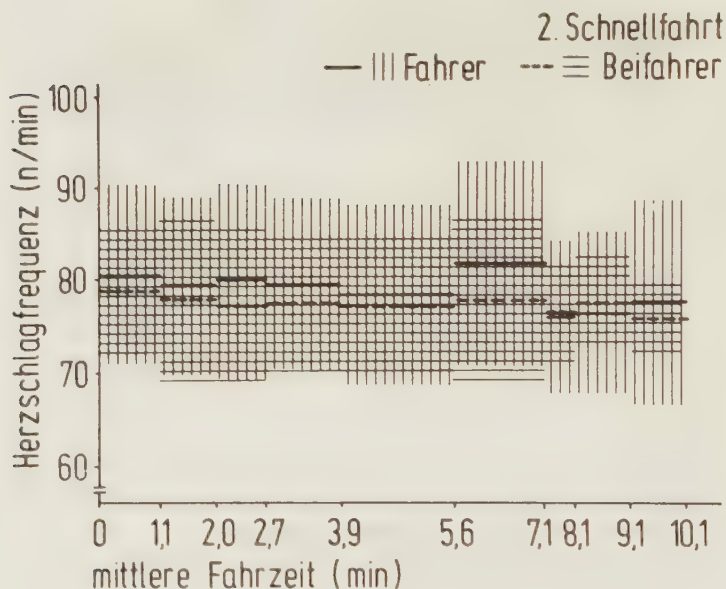


Abbildung 8

Mittelwert ($\bar{x}$) und Standardabweichung (s) der HSF von Lokomotivführern in ihrer Eigenschaft als Fahrer ($n = 9$) und als Beifahrer ($n = 7$) während der 2. Schnellfahrt.

Während der 3. Schnellfahrt beträgt die HSF nach der Durchfahrt durch den Bahnhof Gütersloh bei den Fahrern 86 Schl./min, bei den Beifahrern 81 Schl./min (Abb. 9, Tab. VI und VII). Im folgenden Zeitabschnitt steigt die Frequenz bei den Fahrern auf 88 Schl./min, bei den Beifahrern um 5 Schl./min auf 86 Schl./min.

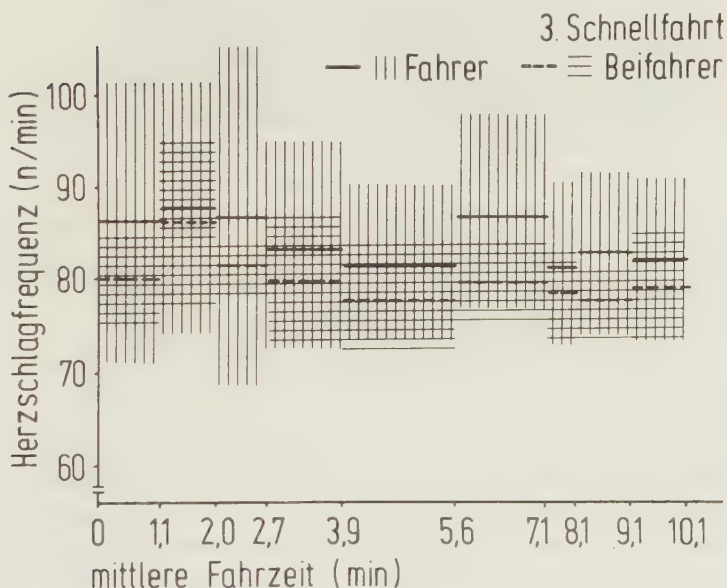


Abbildung 9

Mittelwert ($\bar{x}$) und Standardabweichung (s) der HSF von Lokomotivführern in ihrer Eigenschaft als Fahrer ($n = 10$) und als Beifahrer ($n = 7$) während der 3. Schnellfahrt.

In dem Zeitabschnitt vor der Durchfahrt durch den Bahnhof Rheda sinkt der Frequenz-Mittelwert bei den Fahrern auf 87 Schl./min, bei den Beifahrern wieder auf 81 Schl./min. Nach der Durchfahrt durch den Bahnhof Rheda steigt die HSF der Fahrer auf 84 Schl./min, die der Beifahrer sinkt auf 80 Schl./min. Während des folgenden Streckenabschnittes beträgt der Mittelwert der Fahrer 82 Schl./min, der der Beifahrer bleibt unverändert. Die Frequenz der Fahrer steigt vor der Schnellbremsung um 4 Schl./min auf 86 Schl./min an, während bei den Beifahrern erneut ein Wert von 80 Schl./min ermittelt wurde. Die HSF nach Einleitung der Schnellbremsung fällt bei den Fahrern wieder auf 81 Schl./min und bei den Beifahrern auf 79 Schl./min. Die beiden letzten Minuten-Mittelwerte betragen 83 und 82 Schl./min bei den Fahrern und 78 sowie 79 Schl./min bei den Beifahrern.

Der HSF-Mittelwert zu Beginn der 4. Schnellfahrt beträgt bei den Fahrern 83 Schl./min und bei den Beifahrern 79 Schl./min (Abb. 10, Tab. VI und VII). Bei den Fahrern steigt die Frequenz in der folgenden Meßzeit auf 86 Schl./min, bei den Beifahrern auf 80 Schl./min. Vor der Durchfahrt durch den Bahnhof Rheda werden bei den Fahrern 83 Schl./min, bei den Beifahrern 82 Schl./min ermittelt. Nach der Durchfahrt durch den Bahnhof Rheda sinkt die HSF der Fahrer auf 81 Schl./min, die der Beifahrer auf 80 Schl./min. Im folgenden Zeitabschnitt haben die Fahrer einen Frequenz-Mittelwert von 79 Schl./min, die Beifahrer einen Wert von 78 Schl./min. Vor der Schnellbremsung steigt die Frequenz bei den Fahrern um 4 Schl./min auf 83 Schl./min, bei den Beifahrern um 1 Schl./min auf 79 Schl./min. Die Minuten-Mittelwerte nach der Schnellbremsung liegen bei den Fahrern und Beifahrern zwischen 76 und 78 Schl./min.

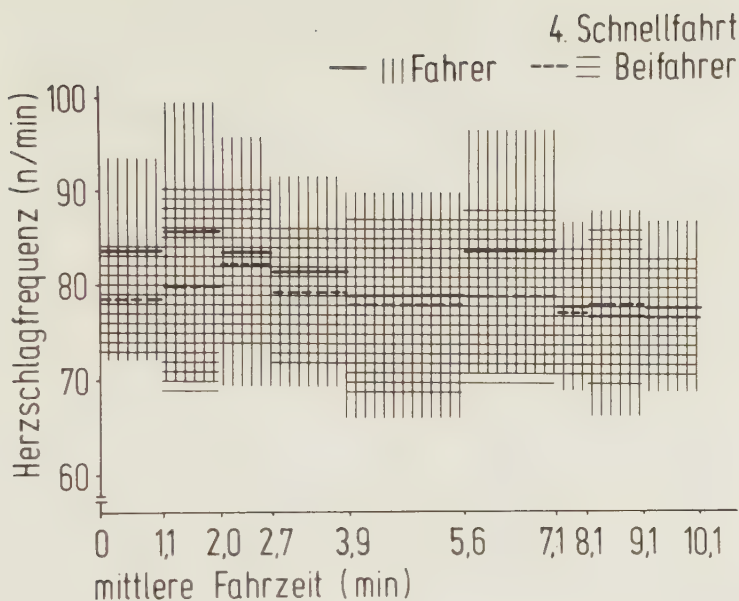


Abbildung 10

Mittelwert ($\bar{x}$) und Standardabweichung (s) der HSF von Lokomotivführern in ihrer Eigenschaft als Fahrer ($n = 10$) und als Beifahrer ($n = 6$) während der 4. Schnellfahrt.

Tabelle VI

Mittelwert ($\bar{x}$) und Standardabweichung (s) der HSF von Lokomotivführern in ihrer Eigenschaft als Fahrer für die Dauer der Schnellfahrten.

Strecken- abschnitte	1.Schnellfahrt				2.Schnellfahrt			
	HSF(Schl./min)				HSF(Schl./min)			
	$\bar{x}$	$\pm$	s	n	$\bar{x}$	$\pm$	s	n
1	83		10	8	80		10	9
2	82		7	8	80		10	9
3	79		8	8	80		10	9
4	79		9	8	79		10	9
5	80		9	8	78		10	9
6	84		9	8	82		11	9
7	75		8	8	76		9	9
8	75		9	8	76		9	9
9	76		8	8	77		11	9

Strecken- abschnitte	3.Schnellfahrt				4.Schnellfahrt			
	HSF(Schl./min)				HSF(Schl./min)			
	$\bar{x}$	$\pm$	s	n	$\bar{x}$	$\pm$	s	n
1	86		15	10	83		11	10
2	88		13	10	86		15	10
3	87		18	10	83		13	10
4	84		11	10	81		11	9
5	82		8	10	79		12	9
6	86		10	10	83		13	9
7	81		9	10	78		9	9
8	83		9	10	76		11	10
9	82		9	9	78		9	10

Tabelle VII

Mittelwert ($\bar{x}$) und Standardabweichung (s) der HSF von Lokomotivführern in ihrer Eigenschaft als Beifahrer für die Dauer der Schnellfahrten.

Strecken- abschnitte	1.Schnellfahrt				2.Schnellfahrt			
	HSF(Schl./min)				HSF(Schl./min)			
	$\bar{x}$	$\pm$	s	n	$\bar{x}$	$\pm$	s	n
1	79		13	4	79		6	6
2	83		9	5	78		9	7
3	82		9	5	77		9	7
4	77		11	5	78		7	7
5	78		10	5	77		8	7
6	79		10	5	78		9	7
7	76		9	5	77		6	7
8	77		8	5	78		5	7
9	77		9	5	76		4	7

Strecken- abschnitte	3.Schnellfahrt				4.Schnellfahrt			
	HSF(Schl./min)				HSF(Schl./min)			
	$\bar{x}$	$\pm$	s	n	$\bar{x}$	$\pm$	s	n
1	81		4	6	79		6	6
2	86		9	7	80		11	6
3	81		2	7	82		9	6
4	80		7	7	80		7	6
5	78		6	6	78		9	6
6	80		5	6	79		10	6
7	79		5	6	77		7	6
8	78		5	6	78		8	6
9	79		6	7	76		6	6

Der einheitliche Kurvenverlauf während der Schnellfahrten zeigt sich in einer erhöhten Frequenz zu Beginn der Fahrten und vor dem Einleiten der Schnellbremsung. Die Fahrten durch die unübersichtliche Kurve vor dem Bahnhof Rheda und die Bahnhofsdurchfahrten in Rheda und Oelde führen zu keiner Frequenzzunahme bei den Fahrzeugführern.

Die höchsten HSF-Mittelwerte der Lokomotivführer in ihrer Eigenschaft als Fahrer mit 88 und 86 Schl./min wurden während der 3. Schnellfahrt in der Zeit zwischen 13.35 Uhr bis 13.45 Uhr gemessen. Während der 2. Schnellfahrt (12.15 Uhr bis 12.25 Uhr) wurden die niedrigsten Maximalwerte mit 80 und 82 Schl./min gemessen. Die HSF während der 4. Schnellfahrt (15.50 Uhr bis 16.00 Uhr) liegen um 2 - 3 Schl./min über den Werten, die während der 1. Schnellfahrt (10.05 Uhr bis 10.15 Uhr) ermittelt wurden.

Der Kurvenverlauf der gemittelten HSF-Werte für die Fahrzeugführer in ihrer Eigenschaft als Beifahrer zeigt den höchsten Wert mit 86 Schl./min auch hier während der 3. Schnellfahrt. Die Maximalwerte für die 1., 4. und 2. Schnellfahrt betragen 83, 82 und 78 Schl./min.

Um durchschnittlich 2 - 4 Schl./min liegt die HSF der Fahrzeugführer in ihrer Eigenschaft als Beifahrer unter den Werten, den die Lokomotivführer als Fahrer erreichen.

3.2 Blutdruck

In ihrer Eigenschaft als Fahrer weisen die Probanden keinen wesentlich höheren oder niedrigeren systolischen oder diastolischen Blutdruck auf als in der Funktion als Beifahrer (Abb. 11, Tab. VIII).

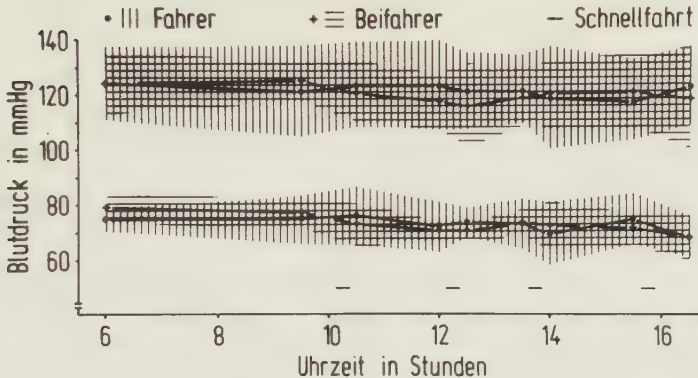


Abbildung 11

Verlauf des arithmetischen Mittelwertes vom syst. und diast. Blutdruck ($\bar{x}$) mit Standardabweichung (s) von 10 Lokomotivführern in ihrer Eigenschaft als Fahrer und als Beifahrer nach Beendigung der Nachtruhe sowie vor und nach den Testschnellfahrten.

Der systolische Blutdruck sinkt bei den untersuchten Lokomotivführern während beider Tätigkeiten mit geringen Differenzen von 124 mm Hg auf 122 bzw. 119 mm Hg. Etwas stärker fällt der diastolische Blutdruck von 75 mm Hg bei den Fahrern und 79 mm Hg bei den Beifahrern auf jeweils 68 mm Hg ab.

Tabelle VIII

Mittelwert ($\bar{x}$) mit Standardabweichung (s) des systolischen und diastolischen Blutdrucks von 10 Lokomotivführern in ihrer Eigenschaft als Fahrer und als Beifahrer nach Beendigung der Nachtruhe sowie vor und nach den Testschnellfahrten.

Meßzeit	Fahrer						Beifahrer					
	Blutdruck (mm Hg)											
	syst.			diast.			syst.			diast.		
	$\bar{x}$	$\pm$	s	$\bar{x}$	$\pm$	s	$\bar{x}$	$\pm$	s	$\bar{x}$	$\pm$	s
6.00 Uhr	124		13	75		9	124		11	79		5
vor 1.SF ^{†)}	121		17	75		9	125		7	77		5
nach 1.SF	123		16	76		11	120		11	73		8
vor 2.SF	123		16	72		9	118		10	71		4
nach 2.SF	121		14	74		5	116		16	71		4
vor 3.SF	121		13	73		9	119		10	74		5
nach 3.SF	118		19	69		11	120		12	72		9
vor 4.SF	117		15	75		9	121		13	72		6
nach 4.SF	122		14	68		7	119		18	68		8
^{†)} Schnellfahrt												

Der mittlere Blutdruck ($P_m = (P_{\text{syst.}} + P_{\text{diast.}}) / 2$) steigt bei den Fahrzeugführern in ihrer Eigenschaft als Fahrer während der 1. Schnellfahrt von 98 auf 100 mm Hg an, fällt während der 3. Schnellfahrt von 97 auf 94 mm Hg ab und bleibt während der 2. und der 4. Schnellfahrt unverändert.

Bei den Beifahrern fällt der mittlere Blutdruck während der 1. Schnellfahrt von 101 auf 97 mm Hg und während der 2. Schnellfahrt von 95 auf 94 mm Hg ab. Während der 3. Schnellfahrt bleibt der Wert unverändert und fällt während der 4. Schnellfahrt von 97 auf 94 mm Hg ab.

3.3 Biochemische Parameter

Eine wesentliche Differenz in der Eliminationsrate der Gesamtkatecholamine scheint zwischen den beiden Meßpunkten - vor und nach vier Test-Schnellfahrten - nicht zu bestehen. Für die Mehrzahl der Probanden kann jedoch eine geringere Katecholamin-Ausscheidung beobachtet werden, wenn sie als Beifahrer tätig sind (Abb. 12, Tab. IX).

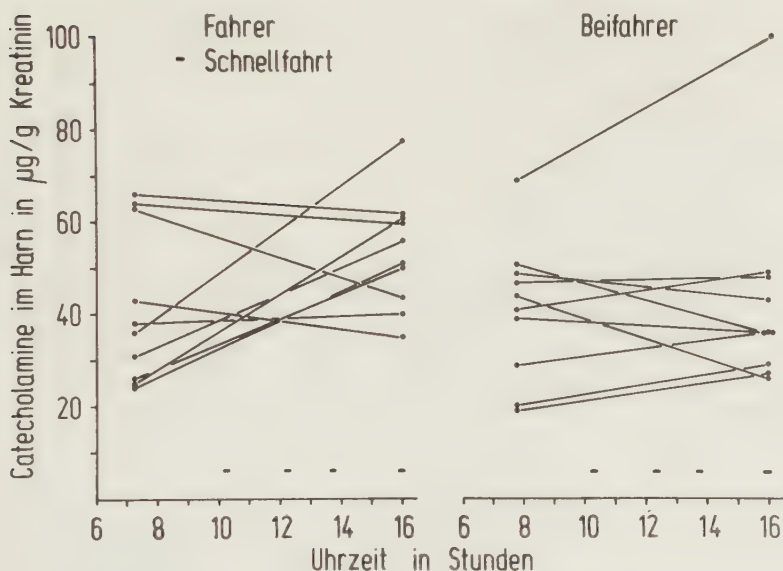


Abbildung 12

Ausscheidungsraten der Gesamt-Katecholamine von 10 Lokomotivführern in ihrer Eigenschaft als Fahrer und als Beifahrer vor und nach den Schnellfahrten.

Bei den Lokomotivführern in ihrer Eigenschaft als Fahrer läßt sich vom Zeitpunkt des Aufstehens gegen 6.00 Uhr bis zum Fahrtbeginn zur 1. Schnellfahrt ein allgemeiner Anstieg der Serumkonzentration von zyklischem Adenosinmonophosphat (cAMP) beobachten (Abb. 13, Tab. X). Für den übrigen Tagesverlauf als auch während der Tätigkeit als Beifahrer kann ein einheitliches Verhalten der cAMP-Spiegel im Plasma nicht festgestellt werden.

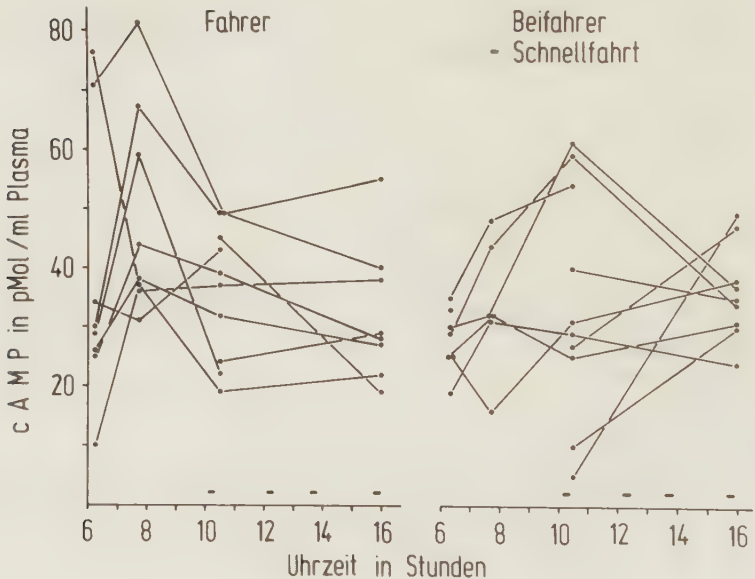


Abbildung 13

Plasmakonzentrationen von cAMP unmittelbar nach der Nachtruhe, vor und nach der ersten sowie nach der letzten Test-Schnellfahrt des täglichen Testprogramms von 10 Lokomotivführern in ihrer Eigenschaft als Fahrer und als Beifahrer.

Der von anderen Untersuchern (7) beobachtete signifikante Abfall der Katechol-O-Methyltransferase-Aktivität (COMT) unter wiederholter Belastung konnte bei dem von uns untersuchten Schnellfahr-Personal nicht als gruppenspezifisch erkannt werden (Abb. 14, Tab. XI).

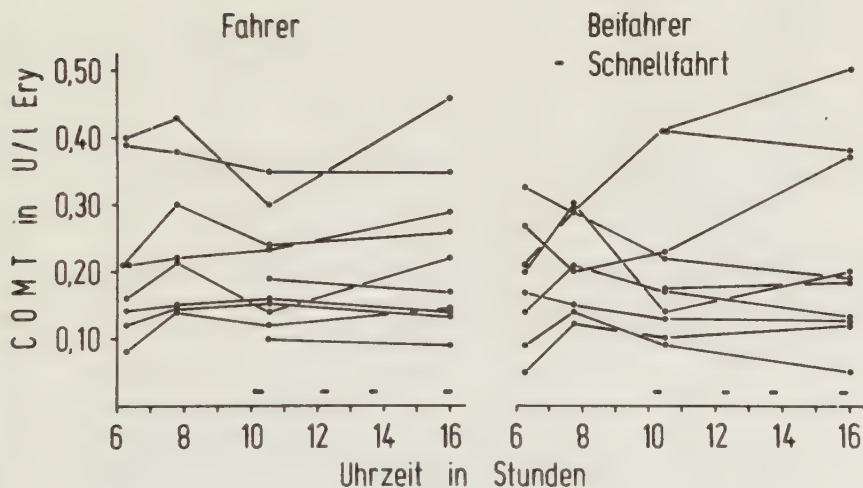


Abbildung 14

Plasmakonzentrationen von Katechol-O-Methyltransferase (COMT) unmittelbar nach der Nachtruhe, vor und nach der 1. sowie nach der 4. Schnellfahrt des täglichen Testprogramms von 10 Lokomotivführern in ihrer Eigenschaft als Fahrer und als Beifahrer.

Tabelle IX

Ausscheidungsrate der Gesamt-Katecholamine von 10 Lokomotivführern vor und nach Test-Schnellfahrten.

Proband	Fahrer Katecholamine (µg/l Harn)		Beifahrer Katecholamine (µg/l Harn)	
	vor T-SF	nach T-SF	vor T-SF	nach T-SF
1	45,0	160,0	119,0	174,0
2	45,0	59,0	73,0	40,0
3	92,0	33,0	119,0	73,0
4	160,0	119,0	86,0	73,0
5	45,0	65,0	45,0	53,0
6	59,0	160,0	80,0	113,0
7	174,0	116,0	99,0	65,0
8	53,0	73,0	39,0	53,0
9	73,0	79,0	59,0	33,0
10	122,0	65,0	80,0	113,0

Tabelle X

Plasmakonzentrationen von cAMP unmittelbar nach der Nachtruhe, vor und nach der 1. sowie nach der 4. Test-Schnellfahrt von 10 Lokomotivführern.

Proband	Fahrer cAMP (µMol/ml Plasma)				Beifahrer cAMP (µMol/ml Plasma)			
	6.15	7.45	10.30	16.00 (Uhr)	6.15	7.45	10.30	16.00 (Uhr)
1	25,75	37,5	32,0	26,5	24,5	16,0	31,25	37,5
2	9,75	36,5	18,75	22,0	18,5	31,0	29,25	24,25
3	24,5	43,5	38,75	28,0			10,0	29,75
4			23,5	29,0	25,0	32,0	24,5	31,0
5	28,5	59,0	21,5		29,5	32,0	61,0	37,5
6	29,5	37,3	48,5	54,5	32,5	48,0	54,25	
7	75,5	36,3	37,25	37,5	29,3	45,5	58,5	34,0
8	33,75	30,8	42,5				40,0	34,75
9			44,5	19,0	34,5		27,0	47,0
10	70,5	81,0	48,5	40,0			50,0	48,5

Tabelle XI

Plasmakonzentrationen von Katechol-O-Methyltransferase (COMT) unmittelbar nach der Nachtruhe, vor und nach der 1. sowie nach der 4. Test-Schnellfahrt des täglichen Testprogramms von 10 Lokomotivführern in ihrer Eigenschaft als Fahrer und als Beifahrer.

Proband	Fahrer				Beifahrer			
	COMT (U/l Erys.)				COMT (U/l Erys.)			
	6.15	7.45	10.30	16.00 (Uhr)	6.15	7.45	10.30	16.00 (Uhr)
1	0,21	0,30	0,24	0,26	0,27	0,20	0,23	0,37
2	0,14	0,15	0,16	0,14	0,14	0,21	0,17	0,13
3	0,39	0,38	0,35	0,35			0,41	0,50
4			0,10	0,09	0,09	0,14	0,09	0,05
5	0,40	0,43	0,30	0,46	0,33	0,29	0,41	0,38
6	0,12	0,15	0,16	0,14	0,17	0,15	0,13	0,13
7	0,21	0,22	0,24	0,29	0,20	0,30	0,14	0,20
8	0,08	0,14	0,12	0,14	0,05	0,12	0,10	0,12
9			0,19	0,17	0,21	0,29	0,22	0,19
10	0,16	0,22	0,14	0,22			0,17	0,16

3.4 Belastungserlebnis

In der Zeitspanne von etwa 6.15 Uhr bis 13.30 Uhr geben sowohl die Fahrer als auch die Beifahrer an, psychisch kaum belastet zu sein. (Abb. 15). In den Morgenstunden zeigt sich sogar ein - allerdings statistisch nicht signifikanter - Trend der Beifahrer, etwas aufgeregter, angespannter usw. als die Fahrer zu sein. Ab etwa 14.00 Uhr ändert sich aber das Bild. Die Fahrer beschreiben ihren Zustand jetzt als unangenehmer als die Beifahrer. Nimmt man - um die Meßfehler zu verringern - pro Versuchsperson jeweils die Punkte der letzten 3 Untersuchungszeiten zusammen, ist die Differenz auf dem 5 %-Niveau signifikant.

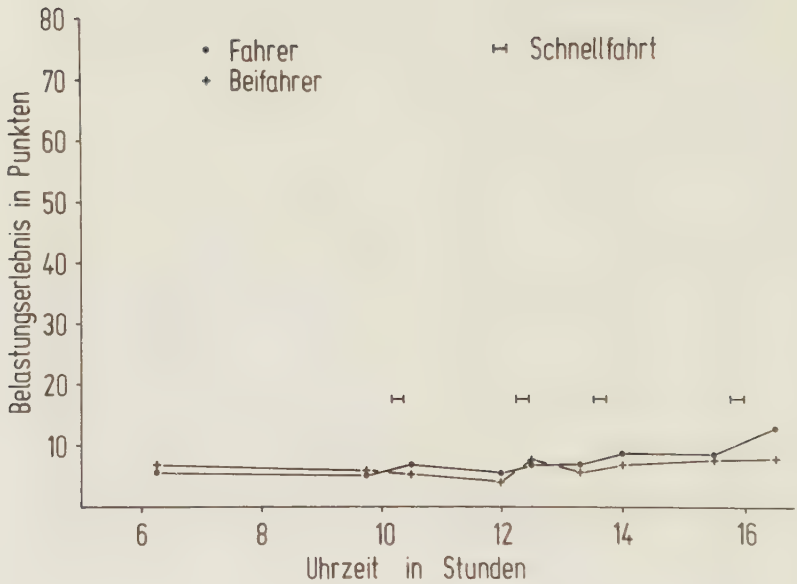


Abbildung 15

Skalierung des Belastungserlebnisses durch Test-Schnellfahrten von 10 Lokomotivführern in ihrer Eigenschaft als Fahrer und als Beifahrer.

4.0 Diskussion

4.1 Herzschlagfrequenz

Die Herzschlagfrequenz als ein wesentlicher Parameter der kardiozirkulatorischen Funktion ist bisher in einer Vielzahl von arbeitsmedizinischen Untersuchungen zur Beurteilung der physischen und psychomentalen Beanspruchung des Organismus ausgewertet worden (13, 19, 20, 26).

Die Steigerung des Herzminutenvolumens bei erforderlichem Bedarf erfolgt durch die Erhöhung der Herzschlagfrequenz oder durch die Zunahme des Schlagvolumens. Unter erhöhten Leistungsanforderungen wird die Schlagzahl des Herzens durch Vermittlung nervaler Steuerung über den Sinusknoten gesteigert (24).

Wie die Wandspannung der Gefäße oder die Kontraktionskraft des Herzens steht die Herzschlagfrequenz unter dem Einfluß des vegetativen Nervensystems. Die im Kreislaufzentrum in der Formatio reticularis der Medulla oblongata zusammentreffenden Impulse bewirken eine Zunahme des Sympathikustonus und damit unter anderem eine Herzschlagfrequenzerhöhung. Durch die zahlreichen Regelkreise übergeordneter vegetativer Strukturen des Zentralnervensystems - vor allem des Hypothalamus - werden sensorische, motorische und vegetative Erregungsprozesse miteinander verknüpft(2).

Bei körperlicher Belastung ist die Beanspruchung des Organismus durch erhöhte Sauerstoffaufnahme, Herzzeitvolumenzunahme und Pulsfrequenzsteigerung quantitativ zu beurteilen. Jedoch ist zu berücksichtigen, daß bei gleichgroßer Leistung leistungsfähigere Personen eine niedrigere Pulsfrequenz als weniger leistungsfähige Gruppen erreichen. Außerdem findet man für die maximale Herzschlagfrequenz eine deutliche Altersabhängigkeit (29).

Die psychomenteale Belastung im Berufsleben und ihr Stellenwert als Beanspruchung für den menschlichen Organismus ist gegenwärtig erst anhand umschriebener Beobachtungen zu beurteilen. Bei Langzeituntersuchungen von Herzschlagfrequenz und Elektrokardiogramm am Arbeitsplatz mit vorwiegend psychomentaler Belastung wurde festgestellt, daß Frequenzerhöhungen vorzugsweise von der individuellen Belastbarkeit und Affektlage abhängig zu sein scheinen. Hierbei dürfte die reale Einschätzung der aktuellen Situation eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen (20).

Die HSF-Mittelwerte der Lokomotivführer für die Dauer der gesamten Untersuchungstage bewegen sich zwischen 75 und 88 Schl./min. HSF-Werte von 100 bis 120 Schl./min können nur an Einzelbeispielen und nur als kurzzeitige Frequenzerhöhung meist als Reaktion auf unvorhergesehene Ereignisse gedeutet werden.

Die Abbildung 16 zeigt das HSF-Profil eines 51jährigen Fahrers, der diese Teststrecke bereits 160mal befahren hatte. Zwei Ereignisse während dieser 4. Testfahrt zeigen eine deutliche Zunahme der HSF. Kurz nach der Beschleunigungsphase fiel unerwartet ein Hauptschalter wegen Überlastung aus und der Zug verlor an Geschwindigkeit. Die Frequenz stieg dabei von 80 auf 120 Schl./min. Noch vor Ende der Fahrt begann es plötzlich zu regnen und erneut stieg die HSF bis auf 110 Schl./min an. Dieses Beispiel zeigt, daß Angst- und Schreckmomente zu einer kurzzeitigen Tachykardie führen können.

Bei der Betrachtung der Mittelwerte des Kollektivs führen unvorhergesehene Ereignisse, wie das Herausfallen einer Hauptsicherung durch Überlastung oder Betätigung der Warnpfeife, weil sich Gleisbauarbeiter in Schienennähe befanden, zu einem 1-Minuten-

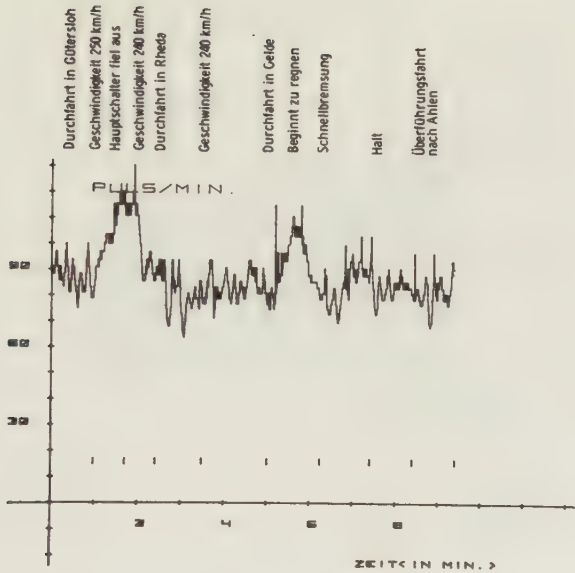


Abbildung 16

Herzschlagfrequenz-Verlauf eines 51jähr. Fahrers während einer Schnellfahrt bis zu 250 km/h mit Fahrprotokoll.

Mittelwert von 84 Schl./min bei den Fahrern und von 78 Schl./min bei den Beifahrern (Abb. 17). Diese Werte liegen jedoch nicht höher als die höchsten Mittelwerte während der Schnellfahrten.

Um weitere Vergleichsmöglichkeiten zu schaffen wurden 1-Minuten-Mittelwerte vor und nach der Blutentnahme und für die Zeit, in denen die Fahrzeugführer ihre Belastungserlebnisse auf den Fragebögen angaben, berechnet. Die Mittelwerte vor der Blutentnahme

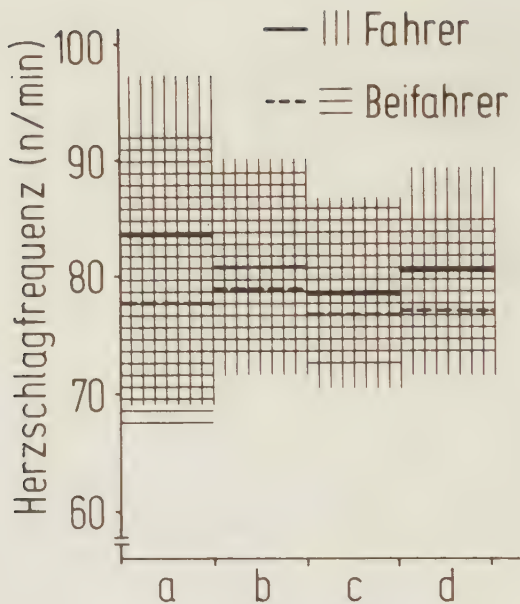


Abbildung 17

1-Minuten-Mittelwerte ($\bar{x}$) mit Standardabweichung (s) während unvorhergesehener Ereignisse (a), vor (b) und nach der Blutentnahme (c) sowie während der Erlebnisbeschreibung (d), ($n = 5-27$).

betragen 81 bzw. 79 Schl./min und nehmen um 2 Schl./min nach der Blutentnahme ab. Zum Zeitpunkt der Belastungsschilderung ergaben sich bei den Fahrern Werte von 80 Schl./min und bei den Beifahrern Werte von 77 Schl./min. Diese Vergleichswerte liegen im Bereich der unteren Mittelwerte während der Schnellfahrten.

Die mittlere Ruhefrequenz der 10 Probanden beträgt 70 Schl./min. Während der Wartezeiten und Überführungsfahrten liegt die HSF bei den Lokomotivführern um 10 %, während der Schnellfahrten um ca. 20 % über den Ruhewerten. Der Frequenzanstieg durch unvorhergesehene Ereignisse beträgt 50 bis 60 %. Eine Untersuchung der HSF in Abhängigkeit von der Verkehrssituation an 600 Kraftfahrern (10) ergab auf verkehrsarmen Landstraßen höchstens eine Pulsfrequenzsteigerung von 10 %, entsprechend der notwendigen Aufmerksamkeitsanspannung im Stadtverkehr schon erheblich höhere Frequenzanstiege um etwa 30 %, bei kritischen Verkehrssituationen Steigerung der Pulsfrequenz um 50 oder 60 %. Der Anstieg der HSF während der Schnellfahrten liegt somit unter dem Pulsanstieg, den Kraftfahrer im Stadtverkehr aufweisen. Während der Wartezeiten und Überführungsfahrten entspricht der Frequenzanstieg dem Führen von Kraftfahrzeugen auf verkehrsarmen Landstraßen.

Aus Untersuchungen beim Fliegen und Autorennfahren ist ein charakteristisches Herzschlagprofil bekannt (3,14,15,18,25). Man findet immer einen Frequenzanstieg vor und während des Starts und einen erneuten Anstieg bei der Landung bzw. Fahrt durchs Ziel. Zwischen beiden Maxima tritt ein Abfall auf ein niedrigeres Niveau ein, wobei die Ruhewerte jedoch nicht erreicht werden. Je nach Aufgabenstellung bzw. Eintreten von Ereignissen wird der Kurvenverlauf durch Spitzenwerte unterbrochen. Dieses charakteristische HSF-Profil zeigen die meisten Einzelbeispiele dieser Untersuchungsreihe. Es kommt auch deutlich bei der Mittelwertbildung für die Dauer der Schnellfahrten zum Ausdruck. Die Frequenzspitzen zu Beginn und Ende der Fahrt ergeben sich aus dem erhöhten Engagement und der Zunahme der Konzentration.

Abbildung 18 zeigt den HSF-Verlauf eines 47jährigen Lokomotivführers in seiner Eigenschaft als Fahrer, der die Strecke ebenfalls schon 160mal durchfahren hatte. Zu Beginn und Ende der 1. Schnellfahrt steigt die HSF von jeweils 65 auf 85 Schl./min.

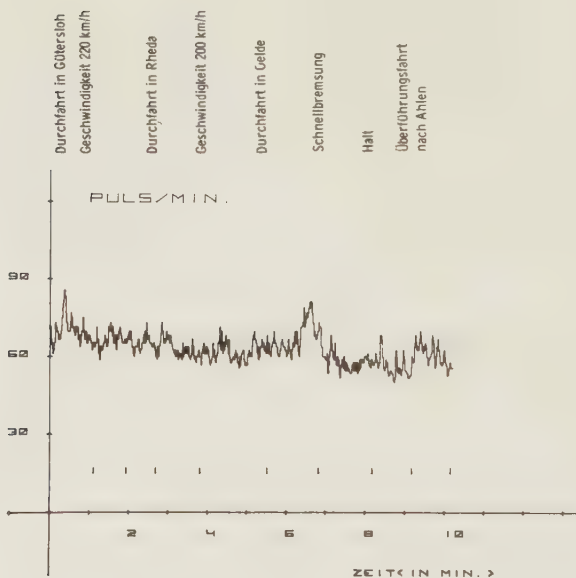


Abbildung 18

Verlauf der Herzschlagfrequenz bei einem 47jähr. Lokomotivführer während einer Schnellfahrt bis zu 220 km/h mit Fahrprotokoll.

Die Versuchspersonen in ihrer Eigenschaft als Fahrer haben durch die unmittelbare Steuerung der Geschwindigkeit und die ständige Bereitschaft, die Bremssysteme einzuschalten, einen größeren Aufgabenbereich als die Beifahrer und tragen höhere Verantwortung für die korrekte Durchführung des Auftrages. Bei der Mittelwertbetrachtung des Kollektivs liegen die Herzschlagfrequenzwerte der Fahrer bis zu 4 Schl./min über den Werten der Beifahrer.

Bei den Versuchspersonen sind unterschiedliche HSF-Verläufe festzustellen, die entweder durch die individuelle Reaktionslage geprägt sind oder als Ausdruck des noch nicht abgeschlossenen psychovegetativen Adaptationsprozesses an den neuen Aufgabenbereich gedeutet werden können (20). Die Abbildung 19 zeigt das Profil der HSF eines 53jährigen Lokomotivführers in seiner Eigenschaft als Fahrer, der die Teststrecke bereits 160mal befahren hatte. Die HSF schwankt zwischen 80 und 85 Schl./min bis zum Beginn der Schnellbremsung am Ende der 2. Schnellfahrt. Hierbei wird eine Frequenz von 90 Schl./min nur knapp überstiegen. Einen unruhigeren Verlauf der HSF zeigt die Abbildung 20. Hier ist der Frequenzverlauf eines 35jährigen Lokomotivführers als Fahrer aufgezeichnet, der noch nie an Testschnellfahrten teilgenommen hatte, während seiner 1. Schnellfahrt mit Geschwindigkeiten über 200 km/h. Während der Fahrt fiel leichter Regen und behinderte die Sicht. Die HSF wechselt über die gesamte Fahrzeit zwischen 65 und 115 Schl./min, ohne daß sich zu Beginn oder Ende der Schnellfahrt besondere Veränderungen zeigen. Nach der Fahrt tritt eine leichte Beruhigung im Frequenzverlauf auf. Die beiden Beispiele zeigen, daß bei

gleicher Beanspruchung der Lokomotivführer an den zweiten Probanden eine höhere Leistungsanforderung bestand. Da beide Lokführer streckenkundig waren, kann angenommen werden, daß ungewohnt hohe Geschwindigkeiten zu höheren Belastungen führen.

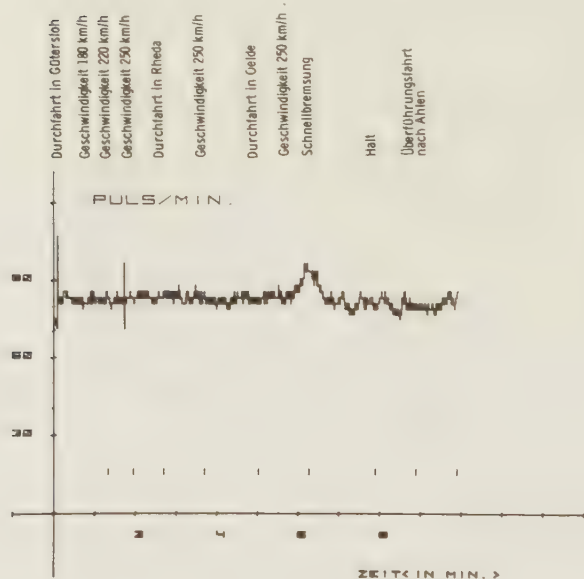


Abbildung 19

Herzschlagfrequenz-Verlauf eines 53jähr. Lokomotivführers während einer Schnellfahrt bis zu 250 km/h mit Fahrprotokoll.

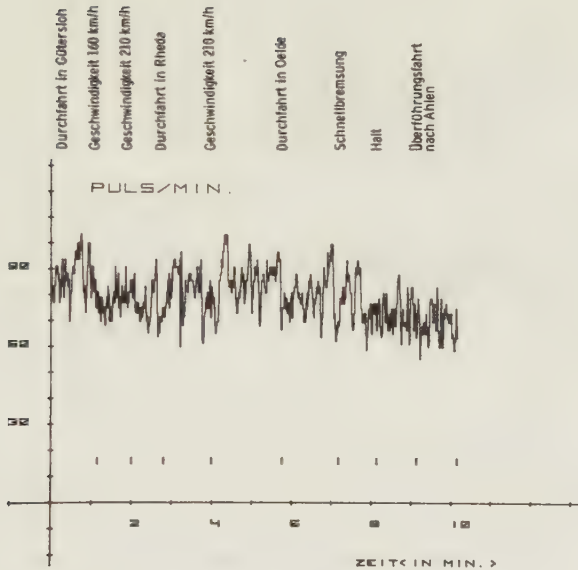


Abbildung 20

Herzschlagfrequenz-Verlauf eines 35jähr. Lokomotivführers als Fahrer während seiner 1. Test-Schnellfahrt mit Geschwindigkeiten über 200 km/h mit Fahrprotokoll.

Das HSF-Profil der Abbildung 21 wurde während einer sogenannten "Schwungfahrt" registriert. Der 32jährige Beifahrer mit bereits 40 Testfahrten auf dieser Strecke schaltete an drei vorbestimmten Streckenpunkten den Hauptschalter aus und nach ca. 20 Sekunden wieder ein. Die Streckenpunkte für das Ab- und Zuschalten der Antriebsenergie sollten für die

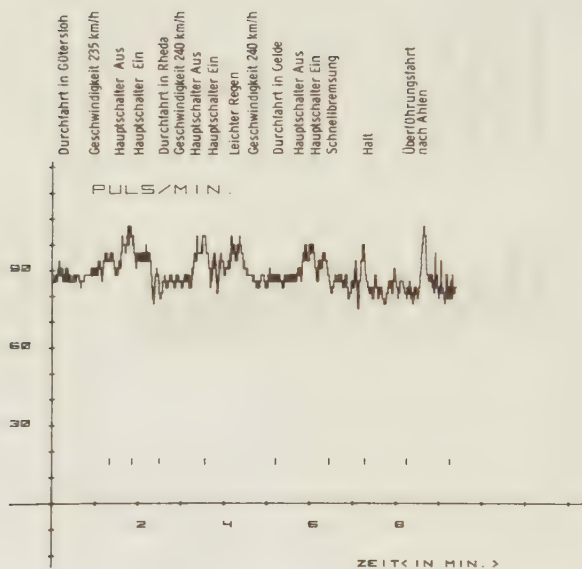


Abbildung 21

Verlauf der Herzschlagfrequenz eines 32jähr. Beifahrers während einer sogenannten "Schwungfahrt" mit Fahrprotokoll.

Messungen der Meßabteilung möglichst genau eingehalten werden. Die Zusatzaufgabe an den Beifahrer führte zu Frequenzerhöhungen um 15 Schl./min.

Die Herzschlagfrequenz zeigt exakt Veränderungen im physiologischen Regelkreis des Herz-Kreislaufsystems und kann als Indikator der kardiozirkulatorischen Beanspruchung und der vegetativen Tonuslage herangezogen werden. Da eine Trennung der

verschiedenen ursächlichen Faktoren gegenwärtig noch nicht möglich ist, erlaubt die HSF-Änderung nur indirekt und annäherungsweise eine Aussage über die Gesamtheit der psychomentalen Belastung.

4.2 Blutdruck

Schlagvolumen, Gefäßwiderstand und Elastizität der Gefäßwände bestimmen hämodynamisch gesehen den Blutdruck, der einem ständigen Prozeß der Anpassung an die wechselnden Kreislaufbelastungen unterworfen ist. Die Blutdruckwerte sind einerseits konstitutionell determiniert und werden andererseits durch exogene Faktoren beeinflusst.

Die Interpretation der Blutdruckwerte kann nur mit großer Zurückhaltung erfolgen, da eine direkte arterielle Blutdruckmessung den Lokomotivführern nicht zugemutet werden konnte und damit kurze Blutdruckänderungen - hervorgerufen durch Einzelereignisse während der Schnellfahrten - nicht erfaßt werden konnten. Unter psychosomatischer Beanspruchung des Organismus zeigen sog. Hyperreaktoren nach kurzfristigem und geringem Blutdruckabfall gegenüber den Ausgangswerten einen deutlichen Blutdruckanstieg, während sog. Hyporeaktoren mit schwächerem Blutdruckabfall reagieren, der innerhalb von 15 Minuten nicht zum Ruheausgangswert zurückkehrt (5).

Aus Untersuchungen im Kraftfahrzeug-Verkehr ist bekannt, daß auf verkehrsarmen Landstraßen und im Stadtverkehr die Mehrzahl der Probanden eine Blutdruckerhöhung von nicht mehr als 10 % gegenüber den Ruhewerten aufweist. Kritische Verkehrssituationen haben auch bei etwa 50 % der untersuchten Personen noch keinen blutdrucksteigernden Effekt, führen aber in etwa 10 % der Fälle zu Blutdruckerhöhungen, die 20 bzw. 30 % über den Ruhewerten liegen (11).

Die hier vorliegenden Ergebnisse zeigen in bezug auf die Messungen vor und nach den Schnellfahrten ein völlig unregelmäßiges Verhalten des mittleren Blutdrucks und der Blutdruckamplitude. Gegenüber den Ruhewerten fällt der mittlere Blutdruck über den gesamten Untersuchungstag um 5 bis 10 % ab.

4.3. Biochemische Parameter

Die exogenen oder endogenen, psychomentalen und körperlichen Belastungen wirken auf gewisse Zentren der Hirnrinde oder tiefere Hirnschichten ein. Von dort erfolgt eine Überleitung auf nervalen Wege zu verschiedenen Zentren des Hypothalamus und über vegetative sympathische Nerven zum Nebennierenmark (17). Hypothalamus und Nebennierenmark sind die wichtigsten Hormonproduzierenden Erfolgsorgane der auf nervalen Wege vermittelten Belastungsart. Eine Erhöhung der nervalen Impulsrate führt zur Ausschüttung von Katecholaminen aus dem Nebennierenmark und von Gluko-(Kortisol und Kortikosteron) und Mineralkortikoiden (Aldosteron) aus der Nebennierenrinde, letztere über sog. Releasing-Faktoren aus bestimmten Kerngebieten des Hypothalamus(28).

Die biochemischen Parameter unterliegen einer beträchtlichen Schwankungsbreite. Die Abgrenzung des physiologischen Normbereiches und die Frage nach der medizinischen Validität der gemessenen Parameter bedarf weiterer Untersuchungen.

4.4 Subjektives Befinden

Die Analyse des subjektiven Befindens hat sich als Methode zur Erforschung mentaler Belastung relativ gut bewährt. Bei der mentalen Belastung von Flugradarlotzen z.B. besteht ein statistisch gesicherter Zusammenhang auch zwischen den subjektiv empfundenen Kontrollschwierigkeiten und der Reaktion der Beanspruchungsgröße Pulsfrequenz (19).

Die Skalierung des Belastungserlebnisses ermöglicht eine quantifizierte Aussage über die subjektive Beanspruchung durch die berufliche Tätigkeit während Schnellfahrten. Bei der Betrachtung der Erlebnisbeschreibungen fällt auf, daß die Versuchspersonen insgesamt geringe Belastungserlebnisse angeben. Möglicherweise wollen sie sich gegenüber den Untersuchern nur gut darstellen. Diese Tendenz ist aus Untersuchungen mit anderen Fragebögen bekannt (9,6). Vielleicht wollten die Lokomotivführer auch zum Ausdruck bringen, daß sie durch nichts aus dem psychischen Gleichgewicht zu bringen sind (12). Dann wird man aber annehmen, daß die Fahrer und Beifahrer sich im Laufe der Untersuchung von diesen Vorstellungen lösen und in späteren Verlaufsabschnitten mehr Punkte als zu Beginn erreichen. Eine detaillierte Analyse bestätigt diese Erwartungen jedoch nicht. Wir nehmen daher an, daß die ermittelten Ergebnisse Gültigkeit besitzen. Die weitere Erprobung der hierzu verwandten Fragebögen erscheint auf breiter Basis erforderlich, um die gesamte mögliche Schwankungsbreite des Belastungserlebnisses zu erfassen. Insbesondere ist eine weitaus genauere Skalierung bei besserer Trennschärfe anzustreben.

Insgesamt ist festzustellen, daß durch die höheren Geschwindigkeiten pro Zeiteinheit mehr Informationen aufgenommen, verarbeitet und gegebenenfalls übertragen werden müssen. Die stärkere Konzentration während der Testschnellfahrten hat nach abgeschlossener Adaptation an die höheren Geschwindigkeiten nur einen relativ geringen Einfluß auf die psychische Beanspruchung. Da die Schnellfahrten immer auf der gleichen Teststrecke durchgeführt wurden und nicht länger als 10 Minuten dauerten, können die vorliegenden Ergebnisse nur bedingt auf die eventuell später durchzuführenden fahrplanmäßigen Fahrtätigkeiten übertragen werden.

5.0 Zusammenfassung

Die Arbeitsplätze mit Fahr-, Steuer- und Überwachungs-tätigkeiten haben in den modernen Industriestaaten erheblich zugenommen. Damit ist ein Schwerpunkt der Belastung am Arbeitsplatz in den psychomentalen Bereich verlagert worden.

Bei 10 Lokomotivführern wurden während 40 Testschnell-fahrten mit Geschwindigkeiten zwischen 210 und 250 km/h die Herzschlagfrequenz kontinuierlich untersucht und Mittelwerte und Häufigkeitsverteilungen ermittelt.

Die HSF-Mittelwerte der Lokomotivführer schwanken zwischen 75 und 88 Schl./min, wobei die Werte der Fahrer insgesamt geringfügig über den Werten der Beifahrer liegen. Der HSF-Verlauf der Fahrer zeigt in den Zeit-abschnitten während der 4 Schnellfahrten eine deutliche Zunahme des HSF-Mittelwertes, wohingegen der Frequenzverlauf der Beifahrer während der Schnellfahr-ten keine wesentliche Änderung des Mittelwertes aufweist.

Das Pulsfrequenzverhalten zeigt ein charakteristisches Profil wie es aus Untersuchungen an Kraftfahrzeug-führern und Fliegern bekannt ist. Der einheitliche Kurvenverlauf während der Schnellfahrten zeigt sich in einer erhöhten Frequenz zu Beginn der Fahrten und vor dem Einleiten der Schnellbremsung. Die Fahrten durch die unübersichtliche Kurve vor dem Bahnhof Rheda und die Bahnhofsdurchfahrten in Rheda und Oelde führen zu keiner Frequenzzunahme bei den Fahrzeugführern.

Das Blutdruckverhalten wurde punktuell geprüft. Der mittlere Blutdruck sinkt bei den untersuchten Loko-motivführern im Laufe des Untersuchungstages gering-fügig ab.

Um das Ausmaß der psychomentalen Beanspruchung zu quantifizieren, wurde sowohl die Ausscheidungsrate der Katecholamine im Harn als auch der Plasmaspiegel des cAMP (zyklisches Adenosinmonophosphat) und der COMT (Katechol-O-Methyltransferase) bestimmt.

Die biochemischen Parameter unterliegen einer beträchtlichen Schwankungsbreite. Die Abgrenzung des physiologischen Normalbereiches und die Frage nach der medizinischen Validität der gemessenen Parameter bedarf weiterer Untersuchungen.

Wegen der vermuteten individuell unterschiedlichen Affektlage der untersuchten Lokomotivführer wurde der Versuch unternommen, das Belastungserlebnis quantitativ zu erfassen. In der Erlebnisbeschreibung fällt auf, daß die Versuchspersonen insgesamt geringe Belastungserlebnisse angeben.

6.0 Literaturverzeichnis

1. Burkardt, F., Franz, J., Heinsius, E., Klare, F., Rutenfranz, J., Wittgens, H.: Überlegungen zu arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen bei Fahr-, Steuer- und Überwachungspersonal. Arbeitsmed. Kolloquium des Hauptverbandes der gewerbl. Berufsgenossenschaften e.V., München, 19. Mai 1973.
2. Caspers, H.: Zentralnervensystem. In: Keidel, W. D.: Physiologie. Thieme, Stuttgart 1970.
3. Collins, V. P.: Physiology observations on race car drivers. NSAA Report NS G730, 114 Washington DC 1966.
4. Delvendahl, H.: Probleme des Schnellverkehrs auf der Schiene und Wege zu ihrer Lösung. Die Bundesbahn 2:85-89, 1974.
5. Eiff, A. W.: Zentralnervöse und psychosomatische Aspekte der Hypertonie. Med. Welt 49:2077-81, 1974.
6. Eysenck, H. J.: Maudsley-Persönlichkeitsfragebogen. Hogrefe, Göttingen, 1964.
7. Gossler, K., Schaller, K.-H.: Erfahrungen mit einer einfachen radiochemischen Methode zur Bestimmung der Catechol-O-Methyltransferase (COMT) im Vollblut. Jahrestagung der Dtsch., Österr. und Schweizer. Gesellschaft für Klinische Chemie. Freiburg/Br., 16./18. März 1975.
8. Graßmann, E.: Schnellste Züge sichern die Zukunft der Eisenbahnen. Die Bundesbahn 12:435-44, 1968.
9. Hathaway, S. R., McKinley, J. C.: M.M.P.I. Saarbrücken, Handbuch. Huber, Bern/Stuttgart 1963.
10. Hoffmann, H.: Untersuchungen zur Leistungsüberforderung im Straßenverkehr. Unfallheilkd. 99:180-3, 1969.
11. Hoffmann, H.: Innere Medizin und Verkehrsmedizin. In: Wagner, K., Wagner, H.-J.: Handbuch der Verkehrsmedizin. Springer, Berlin/Heidelberg/New York 1968.

12. Hofstätter, P. R.: Differentielle Psychologie. Kröner, Stuttgart, 1971.
13. Hüllemann, K.-D., Mayer, H.: EKG-Telemetrie. MMW 1:19-25, 1971.
14. Hüllemann, K.-D., List, M.: Fortlaufende EKG-Aufzeichnung bei Autorennfahrern. Med. Welt 36:1360-2, 1973.
15. Kirchhoff, H. W.: Beobachtungen über das Pulsfrequenz- und Elektrokardiogrammverhalten bei Flugzeugführern. Sportarzt und Sportmedizin 4: 72-76, 1972.
16. Klimmer, F., Aulmann, H.-M., Rutenfranz, J.: Katecholaminausscheidung bei mental belastenden Tätigkeiten im Flugverkehrskontrolldienst. Verhandl. Dtsch. Gesellsch. f. Arbeitsmed. e.V. S. 69. Gentner Stuttgart, 1963.
17. Kuschinsky, G., Müllmann, H.: Pharmakologie. Thieme, Stuttgart, 1964.
18. Pircher, L.: Belastung des Kreislaufs beim Fliegen von Kampfflugzeugen. Schweiz. med. Wschr. 12:444-6, 1972.
19. Rohmert, W.: Ermittlung von Belastung und Beanspruchung der Fluglotsen in der Flugverkehrskontrolle. Industr. Engineering 2, 1:23-30, 1972.
20. Schäcke, G.: Herzschlagfrequenz und Elektrokardiogramm in der Arbeitsmedizin. Thieme, Stuttgart 1976.
21. Schäcke, G., Gossler, K., Lehl, S., Nikolay, J., Schaller, K.-H., Weltle, D.: Untersuchung zur Beanspruchung des Fahrpersonals bei Schnellfahrten. Fortschritte der Medizin 15:865-70, 1976.
22. Schäcke, G., Weitowitz, H. J., Weitowitz, R.: Moderne Langzeituntersuchung von Herzschlagfrequenz und Elektrokardiogramm am Arbeitsplatz. Arbeitsmed. Sozialmed. Arbeitshyg. 5:171-5, 1970.
23. Schäcke, G., Weitowitz, H. J.: Standardisierungsvorschläge für radiotelemetrische oder magnetbandspeichernde Langzeituntersuchung des Elektrokardiogramms am Arbeitsplatz. Arbeitsmed. Sozialmed. Arbeitshyg. 38:251-8, 1970.

24. Schölmerich, P.: Anpassungserscheinungen des Herzens, Herzinsuffizienz. In: Bock, H.-E.: Pathophysiologie, II. Thieme, Stuttgart 1970.
25. Somerville, W.: Emotions, Catecholamines and Coronary Heart Disease. Adv. Cardiol. 8: 162-73, 1973.
26. Steeger, D.: Langzeit-Pulsfrequenzmessungen an Lok- und Triebwagenführern der Deutschen Bundesbahn unter variierten Fahrbedingungen. Ärztl. Dienst DB 4/5:57, 1969.
27. Stiny, L.: Untersuchung und Aufbau eines Herz-Rhythmus-Analysators. Diplomarbeit am Institut für Nachrichtentechnik der Universität Erlangen-Nürnberg, 1975.
28. Valentin, H., Klosterkötter, W., Lehnert, G., Petry, H., Rutenfranz, J., Wittgens, H.: Arbeitsmedizin. Thieme, Stuttgart 1971.
29. Valentin, H., Gossler, K., Schäcke, G., Schaller, K.-H., Schiele, R.: Stréss aus arbeitsmedizinischer Sicht. Tagung "Arbeitsschutz im innerbetrieblichen Transport und Verkehr". Dortmund, 23./24. April 1974.
30. Vary, P., Stiny, L.: Herz-Rhythmus-Analysator für Langzeit-EKG-Untersuchungen. Biomedizinische Technik 22:39-44, 1977.

Anhang:

SCHNELLFahrTEN DER DB

1974

Proband Nr.:

Kartenart:

NAME: _____, Fahrer/Beifahrer (1/2)

UNTERSUCHUNGSTAG: _____ UHRZEIT: _____

Testbogen 1 bis 9

BITTE BESCHREIBEN SIE, WIE IHNEN IM AUGENBLICK ZUMUTE IST.

Und vergessen Sie nicht: Alles wird vertraulich behandelt.

ICH BIN JETZT:

	ja stimmt genau	stimmt ziem- lich	mittel	stimmt kaum	nein stimmt nicht
gelassen	()	()	()	()	()
gespannt	()	()	()	()	()
kribbelig	()	()	()	()	()
auf alles gefaßt	()	()	()	()	()
nervös	()	()	()	()	()
ausgeruht	()	()	()	()	()
vertrauensvoll	()	()	()	()	()
ängstlich	()	()	()	()	()
angespannt	()	()	()	()	()
beunruhigt	()	()	()	()	()
furchtsam	()	()	()	()	()
in guter Stimmung	()	()	()	()	()
aufgeregt	()	()	()	()	()
seelisch ausgeglichen	()	()	()	()	()
bedrückt	()	()	()	()	()
unruhig	()	()	()	()	()
angestrengt	()	()	()	()	()
durcheinander	()	()	()	()	()
müde	()	()	()	()	()
gleichgültig	()	()	()	()	()
besorgt	()	()	()	()	()

Lebenslauf

Ich wurde am 21. März 1947 als Sohn des Franz Nikolay und seiner Ehefrau Maria, geb. Carl, in Konz geboren.

Von 1953 bis 1961 besuchte ich die Volksschule in Konz. Anschließend folgte eine Lehre als Elektromechaniker bei der Deutschen Bundesbahn in Wuppertal, die ich 1964 mit der Gesellenprüfung beendete. Ich arbeitete ein halbes Jahr in meinem erlernten Beruf.

Nach einjährigem Besuch der Gewerblichen Berufsaufbauschule in Mainz erwarb ich 1966 das Zeugnis der Fachschulreife. Es folgten 6 Semester Elektrotechnik an der Staatlichen Ingenieurschule in Saarbrücken. 1969 legte ich das Ingenieurexamen ab.

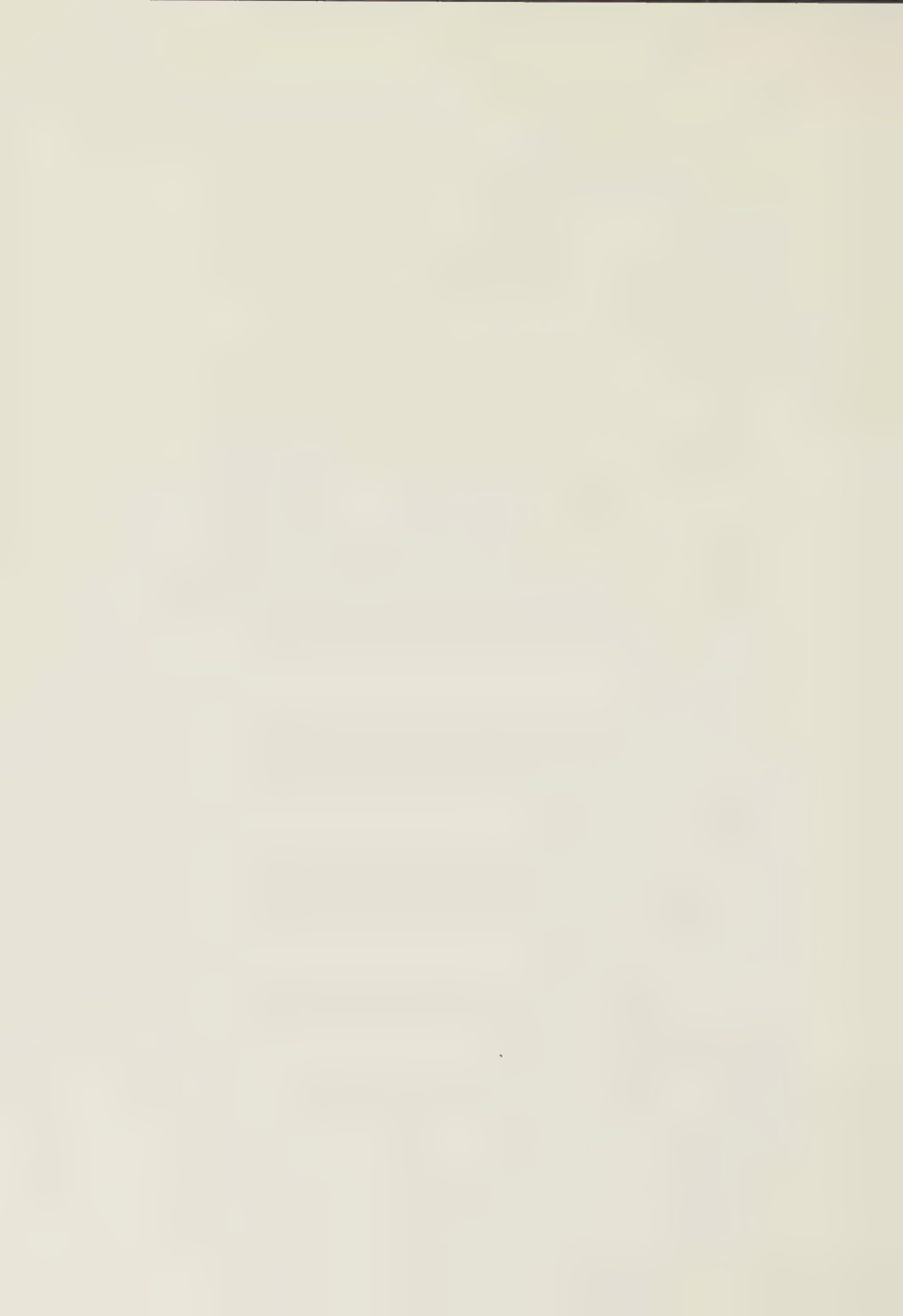
Von Juni 1969 bis Oktober 1970 arbeitete ich als Ing. grad. in einem Grundlagenlabor der Fa. Siemens AG in Erlangen, Unternehmensbereich Medizinische Technik.

Ab Wintersemester 1970/71 studierte ich 11 Semester Medizin an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Im August 1976 beendete ich das Studium der Medizin mit der Ärztlichen Prüfung.

Seit 1. November 1976 bin ich als Medizinalassistent in den Städt. Krankenanstalten in Nürnberg tätig.

Ich bin seit Dezember 1973 verheiratet.

Erlangen, im März 1977









Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen, Hauptstr. 109 (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990